ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 10 DÉCEMBRE 1923.

PRÉSIDENCE DE M. ALBIN HALLER.

RENOUVELLEMENT ANNUEL

DU BUREAU ET DES COMMISSIONS ADMINISTRATIVES.

Par 47 suffrages contre 1 à M. *Marchal*, M. **E.-L. Bouvier** est élu vice-président pour l'année 1924.

Par la majorité absolue des suffrages, MM. **P. Appell** et **L. Guignard** sont réélus Membres des Commissions administratives.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** annonce à l'Académie qu'en raison des fêtes de Noël la prochaine séance ordinaire aura lieu le mercredi 26 décembre au lieu du lundi 24.

M. le **Ministre de l'Instruction publique et des Beaux-Arts** adresse ampliation du Décret, en date du 1er décembre 1923, qui porte approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Aimé Cotton** pour occuper, dans la Section de Physique générale, la place vacante par le décès de M. *J. Violle*.

Il est donné lecture de ce Décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Aimé Cotton** prend place parmi ses Confrères.

M. A. **Haller** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de déposer sur le bureau de l'Académie un volume intitulé : *Analyse spectrale appliquée aux recherches de Chimie minérale*, volume accompagné d'un Atlas, dû à la collaboration de MM. **Lecocq de Boisbaudran** et **Arnaud de Gramont**.

Cet Ouvrage constitue en quelque sorte le testament scientifique de nos regrettés confrères. Il comprend comme introduction un exposé fidèle de la vie, de l'œuvre et des idées de M. Lecocq de Boisbaudran par M. de Gramont.

La première partie du texte relatif à l'analyse spectrale, entièrement rédigée par l'auteur du Gallium, est consacrée aux divers procédés d'investigation employés, aux manières d'opérer les mesures et enfin à la description des onze planches de spectres d'étincelles et d'absorption d'un grand nombre d'éléments.

La seconde partie de ce même texte renferme l'œuvre personnelle de M. de Gramont sous le titre de « Dispositifs, méthodes et observations générales ».

Par la variété des produits soumis à l'examen, par la façon judicieuse avec laquelle les méthodes d'observation ont été appliquées, par le nombre et la précision des mesures effectuées, cette seconde partie ne le cède en rien, comme intérêt, à celle qui revient à M. Lecocq de Boisbaudran.

L'Atlas spécial qui est joint au volume de texte contient des planches de spectres exécutées avec un soin et une finesse qui ne laissent rien à désirer. Comme nous l'avons signalé, onze de ces planches se rattachent aux déterminations de M. Lecocq de Boisbaudran, tandis que les huit dernières ont été exécutées par M. de Gramont.

Le soin avec lequel toute l'œuvre a été édifiée et reproduite en fait un monument tout à l'honneur de la Spectroscopie française.

MÉCANIQUE. — *Sur la torsion des arbres de transmission.* Note de M. L. Lecornu.

Dans ma Note du 19 novembre 1923, j'ai recherché les effets dus à l'interposition d'un accouplement élastique entre un moteur et une dynamo. La torsion propre de l'arbre de transmission, quand elle n'est pas négligeable, intervient de son côté. C'est la question que je vais examiner ici, en supposant maintenant qu'il n'y a pas d'accouplement élastique.

Continuant à désigner par θ, φ les rotations du moteur et de la dynamo, appelons G_1 et G_2 les couples exercés par l'arbre à sa jonction avec ces deux appareils. On a

$$(1) \qquad A\frac{d^2\theta}{dt^2} = M - G_1, \qquad B\frac{d^2\varphi}{dt^2} = G_2 - N.$$

Soit ψ la rotation éprouvée par la section droite de l'arbre située à la distance x de sa jonction avec le moteur; soit ρ la densité du métal; soit enfin μ le coefficient de la résistance au glissement.

La théorie de la torsion fournit l'équation

$$\frac{\partial^2\psi}{\partial t^2} = \frac{\mu}{\rho}\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}.$$

Le rapport $\frac{\mu}{\rho}$ est égal au carré a^2 de la vitesse de propagation des vibrations transversales. Si l'on remplace ψ par $q\sin(nt+\alpha)$, cette équation devient

$$\frac{\partial^2 q}{\partial x^2} = -\frac{n^2}{a^2}q,$$

d'où

$$\psi = u\sin\left(\frac{nx}{a}+\beta\right)\sin(nt+\alpha)$$

avec deux nouvelles constantes u et β. Ces constantes doivent être telles que ψ se confonde avec θ pour $x=0$ et avec φ pour $n=L$ (L désignant la longueur de l'arbre). Nous écrirons donc

$$\theta = u\sin\beta\sin(nt+\alpha), \qquad \varphi = u\sin\left(\frac{nL}{a}+\beta\right)\sin(nt+\alpha).$$

En appelant I le moment d'inertie polaire de la section droite, le couple de torsion a pour valeur générale $\mu I\frac{\partial\psi}{\partial x}$. Donc

$$G_1 = \mu I\frac{nu}{a}\cos\beta\sin(nt+\alpha),$$

$$G_2 = \mu I\frac{nu}{a}\cos\left(\beta+n\frac{L}{a}\right)\sin(nt+\alpha).$$

Portons ces valeurs dans les équations (1) et annulons les coefficients de $\sin(nt+\alpha)$. Il vient

$$(2) \qquad -Aun^2\sin\beta = p - \mu I\frac{nu}{a}\cos\beta,$$

$$-Bun^2\sin\left(\beta+\frac{nL}{a}\right) = \mu I\frac{nu}{a}\cos\left(\beta+\frac{nL}{a}\right),$$

d'où

$$\operatorname{tang}\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) = -\frac{\mu I}{Bna}, \qquad u = \frac{p}{\mu I \frac{n}{a}\cos\beta - A n^2 \sin\beta}.$$

On connaît ainsi u et β.

D'ailleurs on peut tirer des équations (2) cette autre valeur de u :

$$u = \frac{Bp}{\mu I \frac{n}{a}\left[A\cos\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) + B\cos\beta\right] - n^2 AB\left[\sin\left(\beta + \frac{nL}{a}\right) - \sin\beta\right]}.$$

Ces calculs sont rigoureux. Remarquons maintenant que $\frac{L}{a}$ mesure le temps employé par les vibrations transversales pour parcourir la longueur de l'arbre. Ce temps est très petit. Si donc la fréquence n n'est pas trop grande, on peut négliger les puissances de $n\frac{L}{a}$ supérieures à la première, d'où

$$u\cos\beta = \frac{Bp}{\mu I \frac{n}{a}\left(A + B - A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta\right) - ABn^2\frac{nL}{a}}.$$

Observons encore que $\operatorname{tang}\beta$ diffère peu de $\operatorname{tang}\left(\beta + \frac{nL}{a}\right)$, c'est-à-dire de $-\frac{\mu I}{Bna}$ en sorte que $A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta$ est à peu près égal à $-\frac{A\mu I L}{Ba^2}$. D'ailleurs, μ est égal à $a^2\rho$ et ρIL est le moment d'inertie B_0 de l'arbre. On voit que le terme $A\frac{nL}{a}\operatorname{tang}\beta$ se réduit sensiblement à $-A\frac{B_0}{B}$, et comme B_0 est toujours très inférieur à B, il est permis de négliger ce terme en présence de $A + B$.

L'expression du couple G_1 devient, dans ces conditions,

$$G_1 = \frac{\mu I}{L}\frac{Bp}{\frac{\mu I}{L}(A + B) - ABn^2}\sin(nt + \alpha).$$

En comparant à la valeur du couple développé dans un accouplement élastique [formule (5) de la précédente Note. Je signale en passant qu'à la ligne 2 de la page 993, il faut lire : *sans second membre* au lieu de : *avec second membre*], on constate que la seule différence réside dans le remplacement de k par $\frac{\mu I}{L}$, ou, ce qui revient au même, par $\frac{B_0}{T^2}$. Si l'on voulait plus de précision, il suffirait de remplacer en même temps $A + B$ par

$$A\left(1 + \frac{B_0}{B}\right) + B.$$

Le couple G_2 se déduit de G_1 en multipliant par le facteur

$$\frac{\cos\left(\beta + \frac{nL}{a}\right)}{\cos\beta},$$

sensiblement égal à $1 + \frac{B_0}{B}$.

Sans insister davantage, il est clair que la discussion relative à l'influence de l'accouplement élastique s'étend sans peine au cas d'un arbre susceptible de torsion et conduit à des conclusions analogues.

Ces conclusions sont obtenues en considérant séparément l'influence de chacun des termes périodiques contenus dans M. En réalité, ces effets se superposent, et l'effet résultant est d'autant plus complexe que la suite comprend un plus grand nombre de termes. La multiplication des cylindres tend à diminuer cette complexité : car elle fait, on le sait, disparaître tous les termes dont le rang n'est pas multiple du nombre de cylindres. Dans le cas où, pour représenter convenablement M, il serait nécessaire d'avoir recours à une série formée d'un nombre illimité de termes, toutes réserves devraient naturellement être faites au sujet de la question de convergence.

HYDRODYNAMIQUE ET HYDRAULIQUE. — *Tenseur d'agitation moyenne. Conductibilité et dissipation de l'énergie d'agitation.* Note de M. **Marcel Brillouin.**

I. Hydrodynamique minutieuse. — Les équations hydrodynamiques du mouvement d'un fluide visqueux sont, avec les notations habituelles,

$$(1)\quad \left\{\begin{array}{l}\rho\left[\frac{\partial u}{\partial t} + u\frac{\partial u}{\partial x} + v\frac{\partial u}{\partial y} + w\frac{\partial u}{\partial z}\right] = \rho X + \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \frac{\partial T_2}{\partial z}, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots ;\end{array}\right.$$

$$(2)\quad \frac{\partial\rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho v) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho w) = 0.$$

On peut, comme on le sait au moins depuis les travaux de O. Reynolds, donner aux équations (1) la forme

$$(3)\quad \frac{\partial}{\partial t}(\rho u) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho u^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho uv) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho uw) = \rho X + \frac{\partial N_1}{\partial x} + \frac{\partial T_3}{\partial y} + \frac{\partial T_2}{\partial z},$$

en utilisant l'équation (2).

On peut aussi donner à l'équation des forces vives la forme

$$(4)\quad \frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(u.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(v.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial z}\left(w.\rho\frac{u^2+v^2+w^2}{2}\right)$$
$$=\rho(uX+vY+wZ)+\frac{\partial}{\partial x}(uN_1+vT_3+wT_2)+\frac{\partial}{\partial y}(uT_3+vN_2+wT_1)+\frac{\partial}{\partial z}(uT_2+vT_1+wN_3)-\left[N_1\frac{\partial u}{\partial x}+\ldots+T_1\left(\frac{\partial w}{\partial y}+\frac{\partial v}{\partial z}\right)+\ldots\right].$$

Ces équations s'appliquent rigoureusement au mouvement élémentaire. Pour s'en servir, il faut connaître la loi qui lie les forces N_i T_i à la déformation et à la vitesse de déformation.

Écrites sous la forme (2), (3), (4), les équations sont bien préparées pour l'écriture des équations hydrauliques.

II. Passage de l'hydrodynamique a l'hydraulique. — Nous admettrons que les mouvements naturels des fluides pris en grande masse sont souvent caractérisés par les propriétés suivantes :

On peut dans toute la masse définir des volumes grossièrement cubiques, *pas trop petits*, pour lesquels les propriétés *moyennes* ne dépendent pas sensiblement des dimensions du volume choisi.

Ces propriétés moyennes varient lentement, et d'une manière pratiquement continue, en passant d'un des volumes au voisin.

On peut alors distinguer une vitesse d'ensemble, ou vitesse moyenne, et une vitesse d'agitation minutieuse. L'hypothèse essentielle est que les mesures faites à l'échelle du décimètre ou de quelques décimètres, par exemple, ne révèlent que les mouvements d'ensemble. Pour reconnaître et étudier l'*agitation*, il faut des mesures faites à une échelle beaucoup plus petite, le millimètre par exemple.

Le mouvement du fluide étudié dans son détail — à l'échelle du millimètre — exige l'emploi des équations rigoureuses de l'hydrodynamique.

Mais il arrive souvent que l'agitation, extrêmement confuse en apparence à l'échelle moyenne, présente, à grande échelle (décimètre ou mètre), des propriétés moyennes obéissant à des lois générales définies.

Lorsque de telles conditions sont remplies :

Mouvement moyen continu à grande échelle;

Agitation lentement variable à grande échelle;

on peut abandonner l'étude minutieuse hydrodynamique et obtenir des résultats importants concernant les mouvements d'ensemble pourvu qu'on soit ren-

seigné sur la propagation de l'agitation moyenne. C'est le domaine de l'hydraulique.

Il n'y a pas de frontière définie entre hydraulique et hydrodynamique; tout dépend de la précision des mesures et des résultats attendus.

III. Liquide. Équations moyennes. — Considérons maintenant les gros éléments de volume définis au paragraphe précédent, et posons partout

$$u = \mathrm{U} + \mathfrak{u}, \quad \ldots \qquad \overline{\mathfrak{u}} = 0, \qquad \text{d'où :} \qquad \overline{u} = \mathrm{U}$$

en désignant par $\mathfrak{u}$, $\mathfrak{v}$, $\mathfrak{w}$ la vitesse d'agitation, dont la moyenne $\overline{\mathfrak{u}}$ est nulle par définition. Les moyennes où les vitesses d'agitation entrent à un degré supérieur au premier et principalement à un degré pair, $\mathfrak{u}^2$, $\mathfrak{u}\mathfrak{v}$, ..., ne sont pas généralement nulles.

Occupons-nous seulement ici des liquides, dont nous supposerons la densité rigoureusement constante malgré les petites inégalités de température, créées, par exemple, par le travail de la viscosité.

On a

$$\mathrm{Div}\,\mathrm{U} = 0, \qquad \mathrm{Div}\,\mathfrak{u} = 0.$$

Les dérivées moyennes telles que $\dfrac{\overline{\partial \mathfrak{u}}}{\partial x}$, $\dfrac{\overline{\partial \mathfrak{u}}}{\partial y}$, ... sont aussi nulles. Mais les produits de ces dérivées entre elles, ou par les vitesses d'agitation $\mathfrak{u}$, ont en général une moyenne finie.

Enfin, pour simplifier cet exposé, admettons de suite comme générale la loi de viscosité de Navier

$$\mathrm{N}_1 = -p + 2\eta\frac{\partial u}{\partial x}, \qquad \ldots, \qquad \mathrm{T}_1 = \eta\left(\frac{\partial w}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial z}\right), \qquad \ldots.$$

Les équations des quantités de mouvement (3) donnent, en faisant passer dans le second membre les termes qui proviennent de l'agitation

$$(5) \qquad \begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial t}(\rho \mathrm{U}) + \frac{\partial}{\partial x}(\rho \mathrm{U}^2) + \frac{\partial}{\partial y}(\rho \mathrm{UV}) + \frac{\partial}{\partial z}(\rho \mathrm{UW}) \\ &\quad = \rho \mathrm{X} + \frac{\partial}{\partial x}(\overline{\mathrm{N}_1} - \rho\overline{\mathfrak{u}^2}) + \frac{\partial}{\partial y}(\overline{\mathrm{T}_3} - \rho\overline{\mathfrak{u}\mathfrak{v}}) + \frac{\partial}{\partial z}(\overline{\mathrm{T}_2} - \rho\overline{\mathfrak{u}\mathfrak{w}}), \end{aligned}$$

ce sont des équations de même forme que celles de l'hydrodynamique (1); mais aux actions $\overline{\mathrm{N}}$, $\overline{\mathrm{T}}$ dues aux dilatations et glissements d'ensemble, et à la pression moyenne, s'ajoutent les actions *hydrauliques*, $-\rho\overline{\mathfrak{u}^2}$, $-\rho\overline{\mathfrak{u}\mathfrak{v}}$, etc., dues au transport de quantité de mouvement d'*agitation* à travers les faces du parallélépipède unitaire.

Posons

$$\mathcal{N}_1 = -\rho\overline{\mathcal{U}^2}, \quad \ldots, \quad \mathcal{T}_1 = -\rho\overline{\mathcal{V}\mathcal{W}}, \quad \ldots.$$

Le premier problème expérimental de l'hydraulique est la recherche des lois qui rattachent ces actions $\mathcal{N}$, $\mathcal{T}$ au mouvement d'ensemble, à la déformation locale d'ensemble, ainsi qu'à la rugosité des parois où naît l'agitation. On peut présumer que la propagation de cette agitation obéit à des lois, à tirer de l'étude détaillée de quelques cas particuliers, qui déterminent ces actions $\mathcal{N}$, $\mathcal{T}$, non pas en termes finis, mais par des équations aux dérivées partielles — à ajouter aux équations (5) — *et par des conditions aux parois.*

IV. Équation des forces vives. — Écrivons de même l'équation des forces vives, en laissant dans le premier membre les termes dus au mouvement d'ensemble, et renvoyant dans le second membre les termes qui proviennent de l'agitation moyenne :

$$(6)\quad \begin{aligned} &\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{U^2+V^2+W^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left(U.\rho\frac{U^2+V^2+W^2}{2}\right)+\frac{\partial}{\partial y}(V\ldots)+\frac{\partial}{\partial z}(W\ldots)\\ &\quad=\rho(UX+VY+(WZ)\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial x}\left[U(\overline{N}_1+\mathcal{N}_1)+V(\overline{T}_3+\mathcal{T}_3)+W(\overline{T}_2+\mathcal{T}_2)\right]\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial y}\left[U(\overline{T}_3+\mathcal{T}_3)+V(\overline{N}_2+\mathcal{N}_2)+W(\overline{T}_1+\mathcal{T}_1)\right]\\ &\quad+\frac{\partial}{\partial z}\left[U(\overline{T}_2+\mathcal{T}_2)+\overline{V}(\overline{T}_1+\mathcal{T}_1)+W(\overline{N}_3+\mathcal{N}_3)\right]\\ &\quad-\left[N_1\frac{\partial U}{\partial x}+\ldots+T_1\left(\frac{\partial W}{\partial y}+\frac{\partial V}{\partial z}\right)+\ldots\right]+\mathcal{A}\end{aligned}$$

avec

$$(7)\quad \begin{aligned} \mathcal{A}=&-\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\frac{\overline{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}}{2}\right)-\frac{\partial}{\partial x}\left[U.\rho\frac{\overline{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}}{2}\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial y}\left[V.\rho\frac{\overline{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}}{2}\right]-\frac{\partial}{\partial z}\left[W.\rho\frac{\overline{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}}{2}\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial x}\left[-\overline{\mathcal{U}\mathcal{P}}+\eta\frac{\partial}{\partial x}\overline{(\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2)}+\eta\left(\overline{\mathcal{V}\mathcal{R}_3-\mathcal{W}\mathcal{R}_2}\right)\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial y}\left[-\overline{\mathcal{V}\mathcal{P}}+\eta\frac{\partial}{\partial y}\overline{(\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2)}+\eta\left(\overline{\mathcal{W}\mathcal{R}_1-\mathcal{U}\mathcal{R}_3}\right)\right]\\ &+\frac{\partial}{\partial z}\left[-\overline{\mathcal{W}\mathcal{P}}+\eta\frac{\partial}{\partial z}\overline{(\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2)}+\eta\left(\overline{\mathcal{U}\mathcal{R}_2-\mathcal{V}\mathcal{R}_1}\right)\right]\\ &-\eta\left[\overline{\left(\frac{\partial\mathcal{U}}{\partial x}\right)^2}+\ldots+\overline{\left(\frac{\partial\mathcal{W}}{\partial y}+\frac{\partial\mathcal{V}}{\partial z}\right)^2}+\ldots\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial x}\left[\overline{\mathcal{U}.\rho\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}}\right]\\ &-\frac{\partial}{\partial y}\left[\overline{\mathcal{V}.\rho\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}}\right]-\frac{\partial}{\partial z}\left[\overline{\mathcal{W}.\rho\frac{\mathcal{U}^2+\mathcal{V}^2+\mathcal{W}^2}{2}}\right].\end{aligned}$$

Dans la théorie habituelle de l'hydraulique, où l'on introduit le tenseur de pression et de frottement hydraulique $\overline{N} + \mathfrak{N}, \overline{T} + \overline{\mathfrak{T}}$, par les équations de quantité de mouvement, on se figure qu'on a ensuite l'équation des forces vives complète en écrivant une équation telle que (6), *sans les termes* $\mathcal{A}$. (On y néglige en outre, sans grand inconvénient, la viscosité de Poiseuille relative au mouvement d'ensemble.)

Ces termes $\mathcal{A}$ jouent en hydraulique un rôle analogue aux termes de conductibilité thermique et de variation de chaleur en thermodynamique; ils ne sont pas moins importants. On peut les diviser en deux groupes :

(A). D'abord trois termes définissant un *flux d'agitation* à travers les faces du parallélépipède unitaire; une des composantes de ce flux est

$$\mathcal{A}_x = -\left[\mathrm{U}.\rho\,\overline{\frac{\mathfrak{V}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}} + \overline{\mathfrak{V}\mathfrak{P}} + \overline{\mathfrak{V}\rho\,\frac{\mathfrak{V}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right] + \eta\,\overline{(\mathfrak{V}\mathfrak{R}_3 - \mathfrak{W}\mathfrak{R}_3)} + \eta\,\overline{\frac{\partial}{\partial x}(\mathfrak{V}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2)},$$

$\mathfrak{P}$ est l'excès de la pression isotrope minutieuse sur la pression moyenne $\overline{p}$.

$\mathfrak{R}_1 = \frac{\partial\mathfrak{W}}{\partial y} - \frac{\partial\mathfrak{V}}{\partial z}, \ldots$ est la double rotation.

(B). Puis les termes de variation interne de l'agitation

$$\mathcal{A}_0 = -\frac{\partial}{\partial t}\left(\rho\,\overline{\frac{\mathfrak{V}^2+\mathfrak{V}^2+\mathfrak{W}^2}{2}}\right) - \eta\left[\overline{\frac{\partial\mathfrak{V}^2}{\partial x}} + \ldots + \overline{\left(\frac{\partial\mathfrak{W}}{\partial y} + \frac{\partial\mathfrak{V}}{\partial z}\right)^2} + \ldots\right].$$

On peut d'ailleurs adopter diverses répartitions entre les termes de flux et les termes de variation interne.

Ainsi l'équation complète des forces vives doit comprendre :

Le flux d'agitation qui entre par les faces de l'élément de volume (sans provenir du travail du frottement moyen sur la vitesse moyenne);

Et les variations d'énergie interne d'agitation dans l'élément de volume.

Le second problème expérimental de l'hydrodynamique, que l'on ne s'est jamais posé à ma connaissance, sera de découvrir les lois qui déterminent ce flux $\mathcal{A}_x$, $\mathcal{A}_y$, $\mathcal{A}_z$, *et cette variation d'agitation* $\mathcal{A}_0$, *lorsque les conditions II sont assez bien satisfaites, pour que de telles lois existent.*

Il est à présumer que les lois de cette CONDUCTIBILITÉ D'AGITATION *et de cette* DISSIPATION D'AGITATION *devront être écrites, pour obtenir des expressions locales, non pas directement en termes finis, mais sous forme d'équations aux dérivées partielles, complétées par des conditions aux parois rugueuses.*

On peut espérer tirer quelques indications utiles sur la forme générale de ces lois, de l'étude théorique rigoureuse de quelques problèmes particuliers sur la naissance, la propagation et l'extinction de l'agitation en liquide visqueux.

V. Gaz. Atmosphère. — Pour les fluides compressibles, les termes d'agitation qui subsistent dans les équations des quantités de mouvement, et de la force vive du mouvement d'ensemble, sont beaucoup plus nombreux; mais le caractère général en est le même, et les deux problèmes expérimentaux sont analogues.

Remarque. — Je n'ai pas employé le mot « turbulence » ; ce qu'on a cru étudier, dans les mémoires écrits sur ce sujet, est très loin du problème général théorique et expérimental qui se pose lorsque l'agitation satisfait aux conditions décrites au paragraphe II.

La discussion des équations écrites dans cette note pour les liquides et de celles, plus compliquées, relatives aux gaz, ne saurait trouver place ici.

Il en est de même de l'utilisation des observations de Bazin pour la solution de ce que j'ai appelé le premier problème de l'hydraulique.

La solution du second problème paraît beaucoup plus difficile tant qu'on ne possédera pas une méthode sûre de mesure globale de l'énergie moyenne d'agitation.

PHYSIOLOGIE. — *Antiseptiques réguliers et irréguliers.*
Note de M. **Charles Richet**.

Dans une longue série de travaux, et par diverses Notes présentées à l'Académie, j'ai montré qu'une fermentation (lactique), très régulière lorsqu'elle se fait en milieu normal, devient irrégulière lorsqu'un antiseptique est ajouté au bouillon de culture.

En prenant pour mesure de l'activité du ferment la quantité d'acide qui a été formée, nous avons prouvé que l'*écart moyen* des acidités (autrement dit des activités) est variable selon la nature et la dose des antiseptiques ajoutés. Nous en avons conclu qu'il y a des antiseptiques irréguliers (comme $HgCl^2$) et des antiseptiques réguliers, quoique en général l'addition d'un antiseptique tende toujours à faire croître l'écart moyen, soit relatif, soit absolu.

M. Aug. Lumière, dans un récent travail, a âprement contredit ces résultats et, à la suite d'expériences dues tant à Mme Montoloy qu'à un

anonyme [1], il nous a reproché, à mes éminents collaborateurs et à moi, d'avoir fait depuis vingt ans de graves fautes de technique, par exemple la diversité des tubes, la nature du liquide, le titrage acidimétrique, etc. D'ailleurs, il est juste de constater que M. Aug. Lumière n'avait pas pris la peine de se mettre attentivement au courant de nos divers travaux [2].

Il me paraît puéril d'insister et de me livrer à des polémiques inutiles. C'est l'expérience seule qui peut juger, et une expérience bien faite. Les contradictions nous rendent un très grand service en nous faisant répéter nos expériences.

Je me contenterai donc de signaler une nouvelle expérience, faite par nous tout récemment, dans des conditions irréprochables, et qui confirme d'une manière éclatante nos résultats précédents.

1° Nous avons pris 1 litre de bouillon de culture stérilisé, et nous l'avons ensemencé avec 10 gouttes de semence diluée à $\frac{1}{10}$, puis nous avons partagé 1000^{cm^3} en deux flacons. Dans un de ces flacons, on a ajouté 0,0007 pour 100 de $HgCl^2$ et l'on a réparti ces deux liquides, par 10^{cm^3}, dans des tubes stériles. Le résultat a été :

Témoins.		Tubes à $HgCl^2$.	
Première série.			
Fermentation : 18 heures. Ac. variant de 2,8 à 4,8 [3].		Fermentation : 22 heures. Ac. variant de 3,2 à 10,8.	
Écart absolu........	0,40	Écart absolu........	1,49
» relatif.........	0,10	» relatif.........	0,19
Deuxième série.			
Fermentation : 22 heures. Ac. variant de 8,4 à 10,2.		Fermentation : 24 heures. Ac. variant de 4,7 à 10,8.	
Écart absolu........	0,229	Écart absolu........	0,875
» relatif.........	0,0245	» relatif.........	0,103

2° Dans une seconde expérience, nous n'avons trouvé aucune différence entre l'écart des témoins et l'écart observé sur des tubes contenant du mercure. Mais ce fait, loin de contredire le précédent, *le confirme*.

---

(1) *Annales de l'Institut Pasteur*, t. 37, 1923, p. 966-988.

(2) Dans une Note additionnelle, M. Aug. Lumière (ou plutôt M. X...) trouve, comme nous, une notable irrégularité dans les tubes mercuriques; mais il suppose que c'est parce qu'*il y a eu de la mousse* et que la semence s'est amassée sur la mousse! (*sic*).

(3) Ces chiffres indiquent des centimètres cubes d'une solution de KOH à 4 pour 1000.

En effet, les tubes témoins et les tubes contenant du mercure avaient fermenté également. Donc la dose de mercure était trop faible pour agir ([1]). On comprend tout de suite que les antiseptiques ne peuvent alors être irréguliers. Ils n'agissent pas. Voilà tout. Les tubes mercuriques se comportent alors comme des témoins; et c'était évident *a priori*.

3° La troisième expérience a été tout aussi décisive que la première. Nous avons ensemencé avec une très faible quantité de semence (diluée à 1/100ᵉ) en procédant de la même manière que plus haut pour toutes les opérations.

Témoins.		Tubes à $HgCl^2$.	
Première série.			
Fermentation : 36 heures. Ac. variant de 8,3 à 9,6.		Fermentation : 50 heures. Ac. variant de 1,6 à 5.	
Ecart absolu	0,233	Ecart absolu	0,591
» relatif	0,026	» relatif	0,198
Deuxième série.			
Fermentation : 63 heures. Ac. variant de 13,1 à 15,5.		Fermentation : 63 heures. Ac. variant de 8,2 à 10.	
Ecart absolu	0,576	Ecart absolu	0,376
» relatif	0,042	» relatif	0,041

Si dans la deuxième série il n'y a pas eu de différence, c'est que nous avions attendu trop longtemps.

Or, au bout d'une longue fermentation, toutes les acidités, celles des témoins et celles des tubes à $HgCl^2$, tendent à une constante.

En classant par acidités croissantes les fermentations (dosées à divers moments) et en ne relevant des tubes mercuriques que ceux où le ralentissement au bout de 24 heures a été de plus de 8 pour 100 en moyenne, on trouve, en faisant égal à 100 l'écart des témoins :

	Écart des tubes à $HgCl^2$	
Acidités.	absolu.	relatif.
De 1 à 5	145	178
De 7 à 9	435	477
De 9 à 10	258	264

([1]) Elle était la même cependant que dans l'expérience précédente, mais le bouillon de culture n'était plus le même. Malgré toutes les précautions, on ne peut avoir deux bouillons de culture préparés à différents moments dans lesquels il n'y ait pas quelques nuances au point de vue de la puissance nutritive.

En faisant un autre classement d'après le ralentissement produit en 24 heures, par l'action toxique du mercure, on a :

Ralentissement en 24 heures.	Écart relatif.
100	761
55	334
14	183
3	109
0	66

Ainsi l'irrégularité est d'autant plus grande que la quantité de substance toxique est plus considérable.

En définitive, il n'y a aucun compte à tenir des critiques de M. Aug. Lumière. Ce qui avait été démontré antérieurement par nous, que l'addition de tel ou tel antiseptique rend la fermentation irrégulière, demeure fermement établi.

Il semble que ce fait soit très important au point de vue chirurgical pour le choix d'un antiseptique.

HYDRAULIQUE. — *Sur les régimes hydrauliques.* Note (¹) de MM. C. CAMICHEL et M. RICAUD.

Cette Note a pour objet l'étude de quelques propriétés des régimes hydrauliques.

1° *Équations générales de l'Hydrodynamique.* — Nous avons recherché si les équations générales de l'Hydrodynamique, qui sont avec les notations habituelles

$$\frac{\partial p}{\partial X} = \rho X + \mu . \Delta u - \rho \left(\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + w \frac{\partial u}{\partial z} \right),$$
$$\dots\dots\dots\dots,$$

s'appliquent aux vitesses que l'on réalise ordinairement. Pour cela, nous avons étudié, dans un ajutage vertical rectangulaire ayant une section horizontale de $5^{mm},2 \times 105^{mm}$, la répartition des vitesses en régime non turbulent suivant une direction parallèle au plus petit côté de cette section (axe des x). Le sens de l'écoulement était normal à cette direction et parallèle à l'axe des z et l'axe des y était parallèle au plus grand côté de la

(¹) Séance du 26 novembre 1923.

section. L'observation était faite dans un plan vertical médian. Les équations se réduisent alors à une seule

$$\mu \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \frac{\partial p}{\partial z}.$$

La répartition des vitesses doit donc être représentée par une parabole du second degré. L'expérience vérifie bien qu'il en est ainsi jusqu'à la vitesse de $1^m,50$ pour le filet médian. Pour des vitesses supérieures, il n'a pas été possible d'obtenir un régime non turbulent suffisamment stable pour permettre les mesures.

Voici les résultats d'une expérience :

	W mesuré et calculé en mètres par seconde.	
x^{mm}.	Mesuré.	Calculé.
—2,6	paroi gauche	
—2,19	0,318	0,320
—1,76	0,583	0,570
0,315	0,92	0,905
1,28	0,739	0,730
1,98	0,438	0,435
2,23	0,267	0,267
2,4	0,153	0,120
2,6	paroi droite	

L'observation des clichés photographiques était faite au moyen d'un micromètre spécial.

Il est nécessaire de faire les mesures à une distance de l'origine amont égale à au moins 100 fois la plus petite dimension de la section, sinon le régime définitif des vitesses n'est pas établi; c'est ainsi que près de l'origine amont l'eau se déplace en bloc dans la majeure partie de l'ajutage.

Enfin, comme dans la plupart des expériences, on arrive à mesurer la vitesse en des points très près de la paroi (jusqu'à $0^{mm},2$ dans l'expérience précédente), on peut légitimement prolonger par extrapolation la courbe de répartition des vitesses jusqu'à cette paroi, on voit alors que la vitesse de l'eau y est nulle.

2° *Régime turbulent bien défini.* — Nous avons déjà mis en évidence, depuis les vitesses de 1^m par seconde jusqu'aux vitesses de 8^m par seconde, l'existence d'un régime turbulent bien défini en montrant que la relation liant la vitesse moyenne d'écoulement à la différence de pression entre deux points déterminés d'un tube était indépendante de l'obstacle produisant la

turbulence. Nous avons étendu ces expériences jusqu'aux vitesses de 70^m par seconde.

Le tube étudié horizontal avait $2^{mm},6$ de diamètre intérieur; le long de sa génératrice supérieure étaient disposées cinq tubulures destinées à mesurer les différences des pressions en des points situés à 9^{cm} de distance, le premier se trouvant à $16^{cm},5$ de l'extrémité amont. On vérifiait d'abord que la répartition des pressions était linéaire le long des tubes; les obstacles étaient constitués par des treillis métalliques de $0^{mm},52 \times 0^{mm},52$ placés à l'extrémité amont du tube, normalement à l'axe de celui-ci. Dans ces conditions, nous avons obtenu par exemple les résultats suivants :

Nombre de grilles.	W m/sec.	Δp kg/cm² en 2 points distants de 9^{cm}.
0	65,8	21,5
1	68	22
3	67	21,85

Ces expériences confirment donc, depuis la vitesse de 1^m par seconde jusqu'à la vitesse de 70^m par seconde, l'existence d'un régime turbulent bien défini.

3° *Étude du tube de Pitot.* — Il est intéressant de savoir si, pour une formule déterminée, le même coefficient est valable dans l'un et l'autre des régimes. Nous avons étudié cette question en ce qui concerne le tube de Pitot.

Depuis les expériences de M. Rateau, on sait qu'en régime non turbulent cet appareil permet de calculer la vitesse par la formule

$$W = \sqrt{2gh}, \qquad h = H_1 - H_2,$$

H_1 pression correspondant à l'orifice normal aux filets liquides; H_2 pression correspondant à l'orifice parallèle aux filets liquides. Pour vérifier qu'il en est de même dans le régime turbulent, nous avons évalué le débit d'un tube cylindrique de section Ω :

1° Par une intégration $q_p = \int_\Omega W\, d\omega$, les vitesses étant mesurées au moyen du tube de Pitot;

2° Par un jaugeage direct q_j, dans les mêmes conditions d'écoulement. Les surfaces élémentaires $d\omega$ étaient des zones concentriques; on faisait 2 ou 4 mesures de h par zone. Les différences observées n'excédaient pas, dans les expériences les plus mauvaises, 10^{cm}, pour des valeurs de h variant de 2^m à $6^m,30$.

Avec un tube de laiton de 30^{mm} de diamètre intérieur, nous avons obtenu

les débits :

$$q_p = 6{,}56 \text{ l/sec}; \qquad q_j = 6{,}50 \text{ l/sec}.$$

Avec un tube de fer de 79^{mm} de diamètre intérieur :

$$q_p = 36{,}140 \text{ l/sec}; \qquad q_j = 36{,}400 \text{ l/sec}.$$

Les mesures de H_1 et H_2 ont été faites avec des tubes distincts : pour mesurer H_1, on disposait d'un tube cylindrique aux bords amincis de 2^{mm} de diamètre intérieur et de 15^{cm} de longueur; on a même utilisé près des parois une aiguille hypodermique d'un demi-millimètre de diamètre intérieur. On mesurait H_2 avec une sorte de coin très aigu (4°); sur la face parallèle aux filets liquides se trouvait un orifice de 2^{mm} en communication avec le manomètre.

Dans ces conditions, le calcul de la vitesse par la même formule peut être considéré comme exact pour les deux régimes.

M. **Émile Borel** fait hommage à l'Académie de la troisième édition de ses *Éléments de la Théorie des Probabilités*. Tout en conservant son caractère élémentaire, cette nouvelle édition a été augmentée de notes qui concernent respectivement les applications des probabilités aux phénomènes radioactifs, à la statistique et aux jeux dans lesquels le hasard se combine avec l'habileté des joueurs.

M. E.-L. **Bouvier** fait hommage à l'Académie d'un mémoire dans lequel il a achevé le travail d'Alphonse Milne-Edwards : *Sur les Porcellanides et les Brachyures recueillis dans les dragages effectués, sous la direction d'Alexandre Agassiz, dans le golfe du Mexique, etc.*

ÉLECTIONS.

Par 26 suffrages contre 6 à M. Daniel Berthelot et 1 à M. Villard, M. M. **Brillouin** est élu Membre du Conseil d'administration de la *Fondation Edmond de Rothschild*, en remplacement de M. *Violle*, décédé

Par 43 suffrages, contre 2 à M. Lagrange et 1 à M. Abelous, Sir **Charles Scott Sherrington** est élu Correspondant pour la Section de Médecine et Chirurgie, en remplacement de Sir *Patrick Manson*, décédé.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° F. Sánchez Gerona. *Classificacion y nomenclatura de las especies quimicas.* (Présenté par M. A. Haller.)

2° *Recherches sur le développement du* Papio (Chœropithecus) porcarius *Bodd* (*Chacma sud-africain*), par R. Anthony et F. Villemin. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

3° Le fascicule LXVI des *Campagnes scientifiques accomplies sur son yacht*, par Albert Ier, prince souverain de Monaco : *Holothuries provenant des campagnes des yachts* Princesse-Alice *et* Hirondelle-II (1898-1915), par Edgard Herouard. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

MM. **Walter S. Adams**, **Henri Chipart**, **W. Bell Dawson**, **Pierre Girard**, **Pierre Loisel**, **Marc Tiffeneau** adressent des remercîments pour les distinctions que l'Académie a accordées à leurs travaux.

GÉOMÉTRIE. — *Le problème du minimum absolu qui se rattache à la réflexion de la lumière sur une surface du second degré.* Note de M. **B. Hostinsky**, présentée par M. Appell.

1. Soit A un point lumineux et AM un rayon, partant de A, qui se réfléchit au point M sur une surface S parfaitement polie.

Désignons par A′ un point qui se meut sur le rayon réfléchi à partir de M. Si A′ est suffisamment voisin du point M, la ligne brisée AMA′ donne le minimum absolu, c'est-à-dire elle est plus courte que toute autre ligne brisée APA′, P étant un point quelconque sur S. Il y a, sur le rayon réfléchi, un point déterminé B, où le minimum absolu cesse d'avoir lieu. En d'autres mots, si le point B se trouve à l'intérieur du segment MA′, il y a, en dehors de la ligne AMA′, une autre ligne APA′ qui est plus courte que la première (P étant toujours un point situé sur S). D'après un théorème général qui a été démontré par Darboux (voir les *Leçons sur la theorie des*

surfaces, t. III, Chap. V) et qui a été appliqué à l'étude du principe de la moindre action dans un cas particulier (voir les travaux de Darboux et de M. Appell dans le *Bulletin des Sciences mathématiques*, 1912) la position du point B est définie par la propriété suivante : On peut trouver sur S un point N tel que, AN étant le rayon incident, NB soit le rayon réfléchi et que la longueur de la ligne brisée ANB soit égale à celle de AMB.

On voit, d'après les propriétés élémentaires de l'ellipse, qu'il y a un ellipsoïde de révolution allongé qui a les points A et B pour foyers et qui touche la surface S en deux points M et N.

La recherche du point B se trouve donc ramenée à la résolution du problème de géométrie suivant :

Étant donnés un point A et une surface S, trouver le lieu d'un foyer d'un ellipsoïde de révolution qui touche S en deux points et dont l'autre foyer coïncide avec A.

2. Si S est une surface du second degré, on peut résoudre ce problème au moyen du théorème suivant qui résulte d'une proposition générale due à Chasles [1] :

« Si deux surfaces S, T du second degré sont tangentes l'une à l'autre en deux points, on pourra associer à toute surface S′ homofocale à S une surface T′ qui lui sera tangente en deux points et qui sera homofocale à T. D'ailleurs les deux plans tangents communs à S′ et à T′ aux deux points de contact se couperont suivant une droite fixe Δ qui est celle qu'on déduirait du premier couple de surfaces. »

Deux points A et B peuvent être regardés comme constituant une surface dégénérée T′ de la seconde classe ; les surfaces homofocales à T sont des surfaces de révolution ayant A et B pour foyers. Il résulte immédiatement du théorème précédent que, s'il y a un ellipsoïde de révolution T dont A et B sont les foyers et qui touche la surface donnée S en deux points, les foyers A et B sont situés sur une surface homofocale à S. Or, par le point fixe A passent trois surfaces homofocales à S. Donc le point B doit se trouver sur une de ces trois surfaces.

3. Nous avons vu que, B étant un point situé sur une quelconque des trois surfaces homofocales à S qui passent par A, il y a une surface de révolution du second degré T qui touche S en deux points M, N et dont les foyers sont les points A et B.

---

(1) Voir Darboux, *Sur les théorèmes d'Ivory* (*Mémoires de la Société des sciences physiques et naturelles de Bordeaux*, 1870, théorème VI).

Le problème du minimun absolu exige que les deux conditions suivantes soient satisfaites : 1° que les points de contact M, N de la surface T avec S soient réels, et 2° que la surface T soit un ellipsoïde de révolution allongé.

La première de ces conditions peut être exprimée de la manière suivante : S′ étant une surface homofocale à S qui passe par le point A, et B un point sur S′, construisons les deux plans tangents de S′ aux points A et B, et soit Δ leur intersection. Si l'on peut faire passer par Δ deux plans tangents réels de la surface S, les points M et N sont réels.

L'ensemble des deux conditions détermine, sur chacune des trois surfaces homofocales passant par A, les parties qui constituent le lieu du point B.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques théorèmes sur les séries entières.* Note de M. Mandelbrojt, présentée par M. Henri Lebesgue.

D'après Weierstrass, une fonction analytique est complètement définie si l'on se donne le développement de Taylor autour d'un point, c'est-à-dire que, pour définir la fonction, il faut et il suffit que l'on donne la suite de coefficients a_n de la série $\sum_{n=0}^{\infty} a_n x^n$.

Nous allons voir que si l'on donne des renseignements sur la nature ou sur le nombre des singularités de la fonction correspondante, une suite partielle suffit pour définir la fonction au moins à une fonction entière près, ou bien, si l'on sait moins sur les singularités dans tout le plan, à une fonction de rayon d'holomorphie supérieur à 1 près, en supposant que 1 soit le rayon de convergence de la fonction à définir.

Dans la suite, nous dirons « à E près » au lieu de dire « à une fonction entière près » et « à H près » au lieu de « à une fonction de rayon d'holomorphie supérieur à R près ».

Théorème I. — *Si l'ensemble $\mathcal{E}$ des points singuliers d'une fonction analytique, holomorphe à l'origine, est tel qu'aucune partie de cet ensemble ne soit un continu non borné, alors cette fonction est définie (à E près) par une suite partielle de coefficients :*

$$(1)\qquad a_{n_1}, a_{n_1+1}, \ldots, a_{n_1+k_1}; \quad a_{n_2}, a_{n_2+1}, \ldots, a_{n_2+k_2}, \ldots; \quad \ldots; \quad a_{n_i}, a_{n_i+1}, \ldots, a_{n_i+k_i}; \ldots;$$

la suite n_i étant une suite quelconque de nombres entiers positifs, et k_i satisfaisant à la condition

$$(2)\qquad \lim_{i=\infty} \frac{k_i}{n_i} = \infty.$$

THÉORÈME II. — *Si une fonction n'a pas d'autre singularité sur le cercle de convergence de rayon* R, *que les points d'affixes* α_j $(j = 1, 2, \ldots, k)$, *et si elle peut être mise sous la forme*

$$f(x) = \frac{\varphi(x)}{(x-\alpha_1)^{\frac{q_1}{\nu_1}}(x-\alpha_2)^{\frac{q_2}{\nu_2}}\cdots(x-\alpha_k)^{\frac{q_k}{\nu_k}}},$$

q_j, ν_j *étant des entiers positifs liés à* α_j *et* $\varphi(x)$ *étant holomorphe dans un cercle de rayon supérieur à* R, *cette fonction* $f(x)$ *est alors définie* (*à* H *près*) [1] *par la suite* (1) *en remplaçant la condition* (2) *par*

$$(3) \qquad \lim_{i=\infty}[k_i - (2^p - 1)n_i] = \infty,$$

p *étant le plus petit multiple commun des nombres* $\nu_1, \nu_2, \ldots, \nu_k$.

THÉORÈME III. — *Une fonction n'ayant que des pôles sur le cercle de convergence est définie* (*à* H *près*) *par la suite* (1) *où l'on remplace la condition* (2) *par*

$$(4) \qquad \lim_{i=\infty} k_i = \infty.$$

THÉORÈME IV. — *Si l'ensemble des points singuliers sur le cercle de convergence de rayon* R *d'une fonction est réductible, la fonction est définie* (*à* H *près*) *par une suite partielle de coefficients*

$$(\text{L}) \qquad \left\{ \begin{array}{lllll} a_{p_1}, & a_{2p_1}, & \ldots, & a_{ip_1}, & \ldots, \\ a_{p_2}, & a_{2p_2}, & \ldots, & a_{ip_2}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \\ a_{p_j}, & a_{2p_j}, & \ldots, & a_{ip_j}, & \ldots, \\ \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, & \ldots, \end{array} \right.$$

$p_1, p_2, \ldots, p_j$ *étant une suite quelconque de nombres premiers* [2].

THÉORÈME V. — *Si la fonction n'a que* m *points singuliers sur le cercle de convergence,* $2m$ *lignes quelconques extraites de* (L) *définissent cette fonction* (*à* H *près*); *en particulier, si la fonction admet un seul point singulier sur ce cercle, elle est définie par deux lignes de* (L).

---

[1] Dans ce théorème et dans les suivants on peut remplacer l'expression (à H près) par (à E près) si les conditions pour les singularités sont vérifiées dans un cercle de rayon quelconque.

[2] Dans les théorèmes I et II, l'ensemble des points singuliers était donné par les affixes correspondants, dans les théorèmes III, IV et dans les théorèmes suivants l'existence de cet ensemble suffit, sans qu'il soit nécessaire de donner les affixes.

Si l'on donne les affixes des points singuliers correspondants, on peut remplacer 2m par m.

Le sens de ces théorèmes devient plus net, si l'on rappelle le théorème de M. Borel, d'après lequel, étant donnée une série de Taylor dont le cercle de convergence ait un rayon fini, en général, la fonction qu'elle représente admet le cercle de convergence comme coupure.

En effet, dans tous les théorèmes que nous venons d'indiquer, les coefficients a_{n_j} qui n'entrent pas dans la suite qui définit la fonction *sont fonctions des coefficients qui forment cette suite et de* n_j.

Il faudrait aussi comparer les théorèmes ci-dessus aux théorèmes connus permettant de constater que la série $\sum_{n=0}^{\infty} g(n)x^n$ admet un seul point singulier si $g(z)$ est une fonction spéciale.

Théorème VI. — *Si l'on peut extraire de la suite λ_n de nombres entiers positifs, une suite partielle*

$$\lambda_{n_1}, \quad \lambda_{n_2}, \quad \ldots, \quad \lambda_{n_i}, \quad \ldots$$

telle que

$$\lim_{i=\infty}(\lambda_{n_{i+1}} - \lambda_{n_i}) = \infty, \tag{1}$$

la série

$$\varphi(x) = \sum_{n=1}^{\infty} a_n x^{\lambda_n},$$

dont le rayon de convergence est l'unité et dont les coefficients sont entiers, admet le cercle de convergence comme coupure.

Rappelons que, lorsque les a_n sont quelconques, le cercle de convergence est une coupure, d'après le théorème Hadamard-Fabry, si *tous* les λ_n jouissent de la propriété (1).

Je démontre ce dernier théorème en tenant compte d'un théorème de M. Carlson et d'un théorème que j'ai démontré ailleurs.

THÉORIE DES ENSEMBLES. — *Une condition nécessaire et suffisante pour qu'une classe (ℒ) soit une classe (𝒟)* [1]. Note de MM. **Paul Alexandroff** et **Paul Urysohn**, présentée par M. Henri Lebesgue.

C'est M. Fréchet qui a le premier formulé explicitement [2] le problème d'indiquer les conditions pour qu'une classe (ℒ) soit une classe (𝒟), c'est-à-dire pour qu'on puisse déterminer dans une classe (ℒ) une distance telle que les relations limites auxquelles elle donne naissance soient identiques à celles qui étaient définies d'avance. Ce problème auquel plusieurs auteurs (MM. Hedrick, Fréchet, Chittenden, Moore, Victoris, Urysohn, Alexandroff) ont déjà apporté des contributions importantes en le résolvant dans des cas particuliers, est équivalent au problème suivant : *quelles sont les conditions pour qu'un espace topologique* [3] *soit un espace métrique ?* En effet, tout espace métrique peut être regardé comme un espace topologique et comme une classe (ℒ) [même comme une classe (𝒮)] et l'on peut indiquer facilement les conditions pour qu'un espace topologique soit une classe (ℒ) et *vice versa* [4].

---

(1) Une classe (ℒ) est une classe où la limite est définie (M. Fréchet, *Palermo Rend.*, 1906). Elle sera dite (𝒮) *si tout ensemble dérivé y est fermé.* Une classe (ℰ) est une classe dans laquelle on a défini un *écart*, c'est-à-dire une fonction

$$\rho(x, y) = \rho(y, x) \geqq 0,$$

qui ne s'annule que pour $x = y$. La classe sera dite ($\mathcal{E}_r$) si l'écart est *régulier*, c'est-à-dire s'il existe une fonction $f(t)$ telle que les relations $\rho(x, y) < t$ et $\rho(y, z) < t$ entraînent $\rho(x, z) < f(t)$. La *distance* définissant une classe (𝒟) est un écart régulier vérifiant l'inégalité plus restrictive $\rho(x, z) \leqq \rho(x, y) + \rho(y, z)$. M. Hausdorff appelle les classes (𝒟) *espaces métriques*. On doit à M. Chittenden (*Trans. Am. Math. Soc.*, t. **18**, 1917, p. 161) l'important résultat que *toute classe* ($\mathcal{E}_r$) *est une classe* (𝒟).

(2) *Trans. Am. Math. Soc.*, t. **19**, 1918, p. 55; d'ailleurs M. Fréchet s'est déjà occupé de ce problème en 1913 (*Trans. Am. Math. Soc.*, t. **14**, 1913, p. 320).

(3) Hausdorff, *Grundzüge der Mengenlehre*, Leipzig, 1914, Kap VII, § 1.

(4) Par exemple, pour qu'une classe (ℒ) soit un espace topologique il faut et il suffit que les trois conditions suivantes soient remplies :

1° C'est une classe (𝒮).

2° Il existe pour tout couple d'éléments deux *domaines* (= ensembles complémentaires à des ensembles fermés) sans éléments communs qui contiennent respectivement les deux éléments donnés.

3° Si toute suite partielle σ_1 d'une suite σ contient une sous-suite σ_2 qui converge vers l'élément a, alors la suite totale σ converge vers le même élément a.

Définitions. — I. Soit $\{V_n\}$ une *suite* de *domaines* dont chacun contient le point ξ ; nous dirons qu'elle *détermine* ce point dans l'espace topologique donné E si chaque domaine G contenant ξ contient au moins un domaine V_n.

II. Nous dirons qu'un système Π de domaines *recouvre* l'espace E si chaque point ξ de E appartient à un au moins des domaines du système Π.

III. Soient Π_1 et Π_2 deux systèmes de domaines dont chacun recouvre E ; nous dirons que Π_2 est *inscrit* dans Π_1 si à tout couple V_2 et W_2 de domaines de Π_2 ayant des points communs, correspond un domaine V_1 de Π_1 qui les contient tous les deux.

IV. Soit $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ une suite de systèmes recouvrant l'espace ; nous dirons que c'est une *chaîne complète* si la condition suivante est vérifiée : *soient* ξ *un point quelconque de* E *et* $V_1, V_2, \ldots, V_n, \ldots$ *des domaines contenant* ξ *et appartenant respectivement à* $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n \ldots$; *dans ce cas la suite* $\{V_n\}$ *détermine le point* ξ *dans* E.

V. Une chaîne complète $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ sera dite *régulière* si, pour tout n, Π_{n+1} est inscrit dans Π_n.

Théorème. — *Pour qu'un espace topologique puisse être considéré comme un espace métrique, il faut et il suffit qu'il y existe une chaîne complète régulière.*

Démonstration. — Pour voir la nécessité de cette condition, il suffit d'appeler Π_n le système formé de toutes les *sphères* de rayon 2^{-n} [une sphère de centre x et de rayon ε étant, par définition, l'ensemble des points y tels que $\rho(x, y) < \varepsilon$].

Montrons maintenant qu'un espace topologique E admettant une chaîne complète $\{\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n, \ldots\}$ est une classe $(\mathcal{E})$. x et y étant deux points arbitraires de E, nous définissons leur écart $\rho(x, y)$ comme il suit : s'il n'existe aucun domaine de Π_1 qui les contient tous les deux, nous posons $\rho(x, y) = 1$; dans le cas contraire, soit n le premier entier tel qu'aucun domaine de Π_{n+1} ne contienne ces deux points simultanément : nous poserons alors $\rho(x, y) = 2^{-n}$. Il s'agit de démontrer que cet écart ne modifie pas les relations limites, c'est-à-dire que :

1° A tout point ξ de E et à tout nombre $\varepsilon > 0$, il correspond un domaine G contenant ξ dont tous les points x satisfont à l'inégalité $\rho(\xi, x) < \varepsilon$. En effet, soit n le premier entier tel que $2^{-n} < \varepsilon$, et soient $V_1, V_2, \ldots, V_n$ des domaines appartenant respectivement à $\Pi_1, \Pi_2, \ldots, \Pi_n$ et contenant chacun le point ξ; il suffit de désigner par G leur partie commune;

2° A tout point ξ de E et à tout domaine G contenant ξ, il correspond un $\varepsilon > 0$ tel que tout point x satisfaisant à $\rho(\xi, x) < \varepsilon$ est situé dans G. En effet, il existerait dans le cas contraire des points x étrangers à G tels que $\rho(\xi, x)$ serait arbitrairement petit; il y aurait donc, dans chaque Π_n, au moins un domaine V_n contenant ξ sans être contenu dans G : ce qui est en contradiction avec la définition des chaînes complètes.

Or si la chaîne complète est régulière, les deux inégalité $\rho(x, y) \leqq 2^{-n}$ et $\rho(y, z) \leqq 2^{-n}$ entraînent évidemment $\rho(x, z) \leqq 2^{-(n-1)}$, c'est-à-dire que l'écart est régulier; donc, d'après le théorème de M. Chittenden, E est un espace métrique. C. Q. F. D.

NOTE SUPPLÉMENTAIRE. — M. Fréchet a eu l'obligeance de nous communiquer que la condition pour qu'une classe $(\mathcal{L})$ soit $(\mathcal{D})$ peut être énoncée d'une manière bien plus simple que celle qu'on obtient en se servant des espaces topologiques. En effet, notre théorème relatif à ces espaces (de même que la démonstration ci-dessus) s'applique aussi *directement* aux classes $(\mathcal{S})$, vérifiant la condition 3° (voir la note n° 4) et même, plus généralement, aux classes $(\mathcal{H})$.

RELATIVITÉ. — *Sur le problème intérieur dans le cas d'un espace-temps courbe à symétrie sphérique.* Note de M. G. **DARMOIS**.

Le problème extérieur, résolu de façon indépendante par divers auteurs (¹), admet, comme on sait, la solution suivante, où α, λ sont deux constantes :

$$(1) \qquad ds^2 = U_4^2\, dx_4^2 - dx_1^2 - U_2^2\,[dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2],$$

$$dx_1 = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\lambda}{3} r^2}}, \qquad U_4^2 = 1 - \frac{\alpha}{r} - \frac{\lambda}{3} r^2, \qquad U_2^2 = r.$$

Le problème intérieur du ds^2 de Schwarzschild a été résolu dans un cas spécial par Schwarzschild lui-même, puis généralisé par M. Brillouin. La solution générale de Brillouin et T. de Donder a été retrouvée très simplement par Haag.

Le problème intérieur, dans le cas nouveau où $\lambda \neq 0$, a été résolu par M. Maurice Nuyens (²) avec les méthodes de M. de Donder. Haag a montré que son élégante solution s'appliquait encore (³).

La solution de Schwarzschild a provoqué d'intéressantes observations et des critiques d'Eddington (⁴).

Ces observations, qui paraissent justifiées, enlèvent aux résultats de Schwarzschild une partie de leur signification physique. En particulier, pour le cas de grosses sphères matérielles, Eddington estime que les conclu-

(¹) Weyl, Eddington, Chazy.

(²) *Comptes rendus*, 14 mai 1923.

(³) *Comptes rendus*, 28 mai 1923.

(⁴) *The mathematical theory of relativity*, p. 169-170.

sions ne sont plus fondées. Ces critiques s'appliquent aux solutions dont nous venons de parler.

Il est remarquable que le problème intérieur admette une solution très simple, on peut dire très connue. Pour retrouver cette solution, nous prendrons le tenseur matériel sous la forme $T^{\alpha\beta} = \rho_0 u^\alpha u^\beta$, l'invariant $T = \rho_0$ étant une constante pour un fluide incompressible. Nous supposerons, pour la solution qui va suivre, ρ_0 constant.

Pour plus de netteté, partons du problème intérieur. Adoptons d'abord comme coordonnées d'espace les trois constantes d'une ligne de courant, pour coordonnée dans le temps l'intervalle x_4 compté le long d'une de ces lignes. La forme fondamentale est alors

$$dx_4^2 + 2 g_{i4}\, dx_i\, dx_4 + g_{\lambda\mu}\, dx_\lambda\, dx_\mu \qquad (i, \lambda, \mu = 1, 2, 3).$$

Les g_{i4} sont, dans le cas général, indépendants de x_4. Les $g_{\lambda\mu}$ en dépendent. Mais nous chercherons une solution particulière pour laquelle $g_{i4} = 0$, les $g_{\lambda\mu}$ ne dépendant pas de x_4. Dans ces conditions, une solution très simple est celle d'Einstein :

$$(2) \qquad dx_4^2 - dx_1^2 - R^2 \sin^2 \frac{x_1}{R} \left[dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2\right] \qquad \left(\frac{1}{R^2} = \frac{\varkappa \rho_0}{2}\right),$$

$\varkappa$ étant la constante ordinaire des équations de la gravitation d'Einstein.

On envisage d'ordinaire cette solution comme s'étendant au domaine complet de variabilité de $x_1 x_2 x_3$, qui peut s'obtenir en faisant varier x_3 de 0 à 2π, x_2 de 0 à π, $\frac{x_1}{R}$ de 0 à π. C'est ce qu'on appelle l'univers d'Einstein.

Les courbes où x_1 varie seul sont des géodésiques dans l'espace, normales aux sphères géodésiques $x_1 = \text{const.}$ dont les deux centres sont $x_1 = 0$, $x_1 = R\pi$.

Ne considérons que la portion d'espace entourant le point $x_1 = 0$, et limitée par $x_1 = a$ et supposons que la matière soit limitée à cette portion. Le prolongement du ds^2 intérieur par un ds^2 extérieur est alors bien déterminé. Il est naturel de penser que ce prolongement fournit un ds^2 de la forme (1).

En effet, si l'on s'impose les conditions de continuité des potentiels et de leurs dérivées premières par rapport à la variable x_1, distance géodésique normale à l'espace de séparation, on trouve les conditions nécessaires et suffisantes

$$\lambda = \frac{1}{R^2}, \qquad \alpha = \frac{2}{3} R \sin^3 \frac{a}{R}, \qquad r_0 = R \sin \frac{a}{R}.$$

La fonction U_4 prenant à la frontière la valeur $\cos^2 \frac{a}{R}$, il faut, à la vérité, pour la continuité de g_{44}, introduire le facteur constant $\cos^2 \frac{a}{R}$, de sorte qu'avec nos variables de surface x_2, x_3, x_4 et la distance géodésique x_1, on a

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2}{3}\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}\right)\frac{dx_4^2}{\cos^2\frac{a}{R}} - \frac{dr^2}{1 - \frac{2}{3}\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}} - r^2[dx_2^2 + \sin^2 x_2\, dx_3^2],$$

$$dx_1 = \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{2}{3}\frac{R\sin^3\frac{a}{R}}{r} - \frac{r^2}{3R^2}}}.$$

Cette solution n'introduit que des éléments invariants. Elle semble échapper aux justes critiques d'Eddington.

La variable r varie de r_0 à la racine la plus grande r_1 de la quantité sous le radical, l'autre racine positive r_2 est plus petite que r_0.

Si $\frac{a}{R}$ croît de o à $\frac{\pi}{2} - \varepsilon$, les deux racines r_1 et r_2 s'approchent de r_0.

Peut-être doit-on espérer trouver là une réponse à la question d'Eddington, car la limite de l'espace extérieur s'approche de la frontière de la sphère quand a est voisin de $\pi\frac{R}{2}$, mais l'interprétation physique de ces résultats mathématiques simples demeure sans doute assez complexe.

HYDRODYNAMIQUE. — *Sur les cavitations et la résistance des fluides.* Note [1] de M. D. **Riabouchinski**, présentée par M. G. Kœnigs.

La théorie de la résistance des fluides basée sur la formation de surfaces de glissement a été sévèrement critiquée de différents points de vue. On avait remarqué depuis bien longtemps que les pressions négatives invoquées par Helmholtz pour motiver la naissance des surfaces de glissement, ne sauraient justifier l'apparition d'une plage indéfinie d'eau morte derrière un solide qu'on met en mouvement — l'énergie cinétique d'une pareille plage d'eau morte étant infiniment grande. On ne considère donc généralement de pareils mouvements que comme un schéma qui représente plus ou moins

---

[1] Séance du 6 décembre 1923.

bien les mouvements des fluides naturels dans le voisinage des solides. Ce schéma a rendu de grands services et c'est en l'utilisant que M. H. Villat a été conduit à la belle découverte que le problème du mouvement d'un courant fluide en présence d'un obstacle peut comporter des solutions multiples.

Tout en constatant l'insuffisance de *la théorie des surfaces de glissement s'étendant à l'infini*, on n'était pas parvenu à lui opposer une autre théorie plus satisfaisante, permettant d'exprimer et d'étudier, en gardant comme base l'hydrodynamique rationnelle, le mouvement des fluides autour de solides dans le cas où la pression s'annule.

Dans ma Note du 23 avril 1923, j'ai exposé une théorie de la résistance des fluides basée sur la formation de cavitations [1]. Cette théorie permet d'exprimer d'une façon assez satisfaisante les mouvements qu'on observe dans le voisinage des solides et à échapper au paradoxe de d'Alembert. Les cavitations que je considère [2] possèdent une durée et une énergie d'expansion déterminées et peuvent se détacher du solide. Je nomme *énergie d'expansion d'une cavitation*, dans un liquide non soumis à des forces agissant sur l'unité de masse, le produit du volume maximum v_0 de la cavitation par la pression p_0 agissant sur la surface limitant le liquide extérieurement. La contraction complète de cette cavitation peut déterminer une dissipation d'énergie $p_0 v_0$.

Dans le cas le plus simple d'une cavitation, celle qui serait produite dans un liquide par la dilatation ou la contraction d'une sphère, le rayon maximum R_0 de la cavitation, la durée t_0 de sa contraction complète, lorsque celle-ci peut avoir lieu, et l'énergie d'expansion T s'expriment comme suit :

$$R_0 = R\left[\frac{3}{2}\,\frac{\rho}{p_0}\left(\frac{dR}{dt}\right)^2 + 1\right]^{\frac{1}{3}},$$

$$t_0 = R_0\sqrt{\frac{3}{2}\,\frac{\rho}{p_0}}\,\sqrt[3]{2}\,\zeta(\omega_2;\,0,\,1) = 0{,}916\,R_0\sqrt{\frac{\rho}{p_0}},$$

$$T = \frac{4}{3}\pi p_0(R_0^3 - R^3) = 2\pi\rho R^3\left(\frac{dR}{dt}\right)^2;$$

---

(1) Dans une communication que j'ai faite le 27 juin au Congrès International Aéronautique à Londres, j'ai décrit un appareil pour l'étude expérimentale quantitative des cavitations.

(2) Si, dans le cas d'un mouvement plan, le fluide s'étend à l'infini et la somme des intensités des sources n'est pas nulle, l'énergie cinétique du fluide est infinie. Comme nous avons en vue les applications aux mouvements à trois dimensions ou à des masses fluides occupant des volumes finis, nous pouvons, en général, ne pas tenir compte de cette circonstance.

R est le rayon de la sphère à l'instant où le fluide se détache de cette dernière. Pour que le décollement se produise, il faut que l'accélération $\frac{d^2R}{dt^2}$ vérifie l'inégalité

$$\frac{d^2R}{dt^2} < -\frac{p_0}{\rho}\frac{R_0^3}{R^4},$$

ρ est la densité du fluide et p_0 la pression sur la surface limitant le liquide à l'infini.

L'intensité des couches tourbillonnaires qui tapissent les parois et s'enroulent en spirale autour des cavitations produites par la mise en mouvement de solides, dans les fluides visqueux adhérents aux parois, sera, en général, considérable, vu que les vitesses du fluide, dans le voisinage des cavitations, sont nécessairement très grandes et que les tourbillons peuvent apparaître sur les parois du solide, comme l'a démontré M. J. Boussinesq (1), dès l'origine du mouvement. Ces mouvements peuvent être traités, en première approximation, comme étant produits par des sources-tourbillons (2).

Dans les gaz c'est une variation locale de la densité et l'influence de la viscosité qui, agissant simultanément, déterminent l'apparition de sources-tourbillons (3). La formation de cavitations permet d'expliquer la remarquable analogie qui existe entre les mouvements des liquides et ceux des fluides compressibles autour de solides à arêtes vives (4).

---

(1) *Comptes rendus*, 29 mars 1880.

(2) *Comptes rendus*, 23 avril 1923.

(3) Communication faite au Congrès International Aéronautique à Londres.

(4) Il serait très important d'étudier expérimentalement, d'une façon systématique, la question de la dissipation de l'énergie dans les fluides. La puissance calculée d'après les vitesses mesurées dans une section de la veine fluide produite par une hélice fonctionnant au point fixe, peut ne représenter approximativement que la moitié du travail dépensé par seconde effectivement (*Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. II, p. 35; fasc. VI, p. 82; Gauthier-Villars). On peut obtenir des indications utiles sur la formation des cavitations en mesurant l'inertie additive de solides à arêtes vives mis brusquement en mouvement ou animés d'un mouvement vibratoire. En étudiant la mise brusque en mouvement relatif d'un disque immergé dans l'eau, j'ai trouvé une inertie additive approximativement deux fois plus grande que celle que l'on calcule en supposant qu'il ne se forme pas de cavitations (*Bulletin de l'Institut Aérodynamique de Koutchino*, fasc. III, p. 5-17; fasc. VI, p. 84).

ASTRONOMIE. — *Observations de la comète* 1923 *c* (*Reid*), *faites à l'équatorial coudé de l'Observatoire de Besançon.* Note de M. **P. Chofardet**, transmise par M. B. Baillaud.

Dates. 1923.	Temps moyen de Besançon.	ΔR.	ΔD℘.	Nombre de compar.	Ascens. droite apparente.	Log. fact. parallaxe.	Dist. polaire apparente.	Log. fact. parallaxe.	★
Déc. 6....	6ʰ.51ᵐ.33ˢ	−0ᵐ.33ˢ,28	+ 2′.21″,2	9:6	22ʰ.53ᵐ.56ˢ,30	9,020	114°. 8′.41″,2	$0,916_n$	*a*

Positions de l'étoile de comparaison pour 1923,0.

★.	Gr.	Ascens. droite moyenne.	Réduction au jour.	Dist. polaire moyenne.	Réduction au jour.	Autorité.
a...............	8,4	22ʰ.54ᵐ.27ˢ,36	+2ˢ,22	114°. 6′.31″,2	−11″,2	Cordoba A, 15461

Remarques. — La comète, de 12ᵉ,5 à 13ᵉ grandeur, apparaît comme une petite nébulosité floue, de 20″ au plus de diamètre, sans noyau bien défini. Les mesures sont pénibles. Pour notre latitude, l'aspect de cet astre est certainement modifié, étant donné sa proximité d'un horizon légèrement brumeux.

OCÉANOGRAPHIE. — *Les courants superficiels de la mer Polaire du Nord.* Note de M. **J. Schokalsky.**

Les nombreuses dérives qui ont eu lieu dans la partie de la mer Polaire du Nord le long de la côte de Sibérie ne laissent aucun doute sur l'existence d'un courant superficiel dans cette moitié de la mer Polaire.

Il reste à savoir quels sont les courants superficiels dans la partie de la mer Polaire avoisinant les côtes de l'archipel américain.

On a émis l'idée que le courant superficiel, marchant de l'Est à l'Ouest le long de la plate-forme continentale de l'Eurasie, doit continuer sa marche à l'Ouest en longeant la plate-forme continentale américaine. Ainsi, selon les vues de certains auteurs, il existe dans la mer Polaire un courant superficiel anticyclonique.

Les observations que nous possédons sur le régime des glaces côtières et flottantes nous obligent d'être d'un avis contraire.

Durant l'hiver il existe une différence marquée entre les glaces côtières et celles au large de la mer. Le premier (le pripaj côtier) est soudé à la côte et le long de la côte d'Asie atteint une largeur considérable. Les voyageurs russes (Gedenström, Anjou, Wrangel) ont parcouru ces espaces

du pripaj à différents endroits en différentes années et ont toujours trouvé qu'à une certaine distance des côtes il existe une brisure (polynija) au delà de laquelle les glaces sont en mouvement continuel. Les dérives de la *Jeannette*, du *Fram*, des balises Melvile-Bryant, du *Karluk*, le prouvent indiscutablement. Le sens de cette dérive est de l'Est vers l'Ouest.

On a voulu expliquer l'existence de cette brisure (polynija) par l'effet thermique d'une branche du courant atlantique contournant le Spitzberg. Mais les observations du *Fram* et la position du bord de la plate-forme continentale démontrent que cette branche du courant chaud ne peut pas se rencontrer dans les parages de la brisure des glaces (polynija).

Dans la partie de la mer Polaire avoisinant l'archipel américain, nous possédons seulement les données recueillies par feu R. Peary, lequel rencontra trois fois pendant qu'il tentait d'atteindre le pôle (en 1902, latit. 84°17'; en 1906, latit. 85°; en 1909, presque à la même latitude), une polynija qui existe entre le pripaj côtier et les glaces dérivant ici vers l'Est.

Ces observations démontrent que, le long de l'archipel américain, la dérive des glaces marche vers l'Est, c'est-à-dire vers le même et unique détroit qui rattache la mer Polaire à l'Atlantique entre le Groenland et le Spitzberg.

Les faits exposés démontrent que, sur toute l'étendue de la mer Polaire, il existe à une certaine distance des côtes un mouvement de dérive des glaces et partant des courants superficiels se dirigeant vers le détroit Groenland-Spitzberg.

C'est à ce mouvement des glaces au large de la mer Polaire que sont dues les brisures entre les glaces côtières (le pripaj) et les glaces en mouvement continuel, par conséquent la cause de l'existence de ces brisures de glaces est dynamique et point thermique (la dernière ne pourrait point être invoquée pour expliquer la polynija américaine).

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la rotation spontanée de la décharge électrique.* Note de M. C.-E. Guye, présentée par M. Villard.

Dans une précédente Note, relative à la rotation électromagnétique de la décharge (¹), nous avons représenté la vitesse v de rotation de la conducti-

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1104.

bilité et la vitesse v_0 d'entraînement du gaz par les relations

$$(1) \qquad v = \frac{\varepsilon H}{12\pi\sigma^2 M m},$$

$$(2) \qquad v_0 = \frac{N}{M - N} \frac{\varepsilon H}{4\pi\sigma^2 M m},$$

la vitesse observée étant la somme de ces deux vitesses.

Nous avons montré en outre que la rotation peut être provoquée spontanément même par un champ magnétique très faible, lorsque l'ionisation du gaz est suffisante.

Mais cette dernière rotation une fois amorcée, sa vitesse n'est nullement représentée par la somme des expressions précédentes. Elle correspond à un phénomène électrodynamique qui paraît avoir son siège dans le circuit même et dont la condition est, à notre avis, *une dissymétrie produite accidentellement et entretenue par le fonctionnement même de la décharge*, le sens de la rotation étant déterminé par la dissymétrie initiale. Il semble que l'on se trouve alors dans le cas d'un circuit déformable dont la surface tendrait à croître indéfiniment.

A l'appui de cette manière de voir, il convient de citer les faits suivants établis dans un travail antérieur en collaboration avec M. A. Rothen [1] :

1° On peut indifféremment provoquer la rotation spontanée dans un sens ou dans l'autre par une impulsion d'une durée de quelques secondes donnée à la décharge par un champ magnétique extérieur H.

2° En valeur absolue et toutes conditions égales, la vitesse de rotation est la même dans les deux sens; elle n'est pas changée si l'on a soin d'annuler entièrement le champ terrestre par une bobine compensatrice.

3° On ne peut annuler la rotation spontanée en lui opposant un champ extérieur H convenable. Bien avant que ce champ ait atteint la valeur qui, d'après la formule (1), devrait donner à la décharge une vitesse égale et de signe contraire, la décharge change brusquement de sens et persiste à tourner dans ce sens, après suppression du champ extérieur.

4° Enfin, lorsqu'on ajoute à la rotation spontanée l'action d'un champ magnétique agissant dans le même sens, la vitesse observée est approximativement, pour de faibles intensités, la somme de celle qui correspond à la formule (1) et de la vitesse de rotation spontanée.

En résumé, la rotation spontanée semble bien correspondre à un phéno-

---

(1) C.-E. Guye et A. Rothen, *Archives des Sciences physiques et naturelles*, septembre-octobre 1921.

mène électrodynamique ayant son siège dans le circuit même, bien qu'elle puisse être provoquée par des causes extérieures, telles que courant d'air et champ magnétique. Elle ne se produit toutefois que dans certaines conditions.

N. B. — Comme complément à cette Note et à celle du 26 novembre dernier, nous donnons ci-après la démonstration de la formule (2).

Supposons que la décharge s'effectue selon l'axe des y et la rotation suivant l'axe des x. La force qu'exerce le champ magnétique H sur l'ion positif de charge ε et de masse m est donnée par la relation

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = \varepsilon \mathrm{H}\frac{dy}{dt},$$

et l'impulsion que recevront, entre deux chocs, l'ensemble des N ions positifs contenus dans l'unité de volume sera dans la direction de la rotation

$$\mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\int_0^\theta \frac{dy}{dt}\,dt = \mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda,$$

λ désignant le libre parcours moyen de l'ion entre deux chocs.

Par suite des chocs moléculaires, cette impulsion se répartira sur l'ensemble des molécules de la masse gazeuse qui prendra une vitesse d'ensemble v_1, déterminée par la relation

$$\mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda = m\mathrm{M}v_1,$$

M désignant le nombre des molécules ionisées ou non, contenues dans l'unité de volume.

A chaque nouveau choc, une nouvelle quantité de mouvement sera communiquée à la masse gazeuse, dont la vitesse irait constamment en augmentant si les forces retardatrices résultant de son mouvement (viscosité) n'y faisaient obstacle.

Le mouvement de la masse gazeuse deviendra uniforme lorsque la quantité de mouvement totale que possèdent les ions à la fin de leur libre parcours sera absorbée par les forces retardatrices, qui agissent sur la masse totale mM du gaz et cela dans le temps θ correspondant à la durée de ce libre parcours.

Nous aurons alors

$$\mathrm{N}mv_0 + \mathrm{N}\varepsilon\mathrm{H}\lambda = \mathrm{M}mv_0.$$

On en déduit, en remplaçant λ par la valeur $\frac{1}{4\pi\sigma^2\mathrm{M}}$,

$$v_0 = \frac{\mathrm{N}}{\mathrm{M}-\mathrm{N}}\,\frac{\varepsilon\mathrm{H}}{4\pi\sigma^2\mathrm{M}m}.$$

Il est aisé de démontrer que la quantité de mouvement, communiquée aux électrons, est égale à celle que recevront dans le même temps les ions positifs. Si cette quantité de mouvement était susceptible de se communiquer entièrement au gaz, la vitesse v_0 d'entraînement serait alors doublée; mais ce serait là, ainsi que nous l'avons dit, une

limite supérieure. Il importe de remarquer que les quantités de mouvement communiquées dans le même temps aux ions et aux électrons dans le sens de l'axe des y (décharge) sont égales et de signe contraire, alors qu'elles sont égales et de même signe dans le sens de l'axe des x (rotation).

SPECTROSCOPIE. — *Sur les rapports des raies ultimes et des raies de résonance dans les spectres qui comprennent plusieurs systèmes de séries.* Note de M. F. **Crozé**, présentée par M. A. Cotton.

D'après la plupart des Ouvrages et Mémoires relatifs aux séries spectrales ([1]), les raies de résonance des spectres d'émission des éléments seraient aussi les raies caractéristiques des spectres d'absorption et les raies ultimes de ces éléments.

Dans une Note présentée à l'Académie par le regretté M. de Gramont, le 4 décembre 1922, j'ai fait remarquer que si cette opinion correspond bien à la réalité des faits observés sur les spectres d'arc des corps de la colonne I du Tableau périodique, lesquels spectres ne contiennent qu'un seul système de séries, elle est en désaccord avec les observations relatives aux spectres d'arc des corps de la colonne II. Dans ces derniers spectres, qui contiennent deux systèmes de séries : un système de séries de raies simples dont la série principale est représentée, avec les notations de Sommerfeld et de Paschen, par le symbole $1\,\mathrm{S} - m\mathrm{P}$ ($m = 2, 3, 4, \ldots$), et un système de séries de triplets, dont la série principale est représentée par la formule $1s - mp_i$ ($i = 1, 2, 3$), la raie de résonance est toujours la raie $1\,\mathrm{S} - 2p_2$, qui correspond au retour de l'électron spectral, de l'orbite caractérisée par la valeur du terme $2p_2$, à l'orbite caractérisée par le terme $1\,\mathrm{S}$, sur laquelle se trouve cet électron dans l'état normal de l'atome. Dans ces spectres, en effet, les orbites $2p$ sont, parmi toutes les orbites stationnaires de Bohr, celles dont les niveaux énergétiques sont les moins élevés au-dessus de celui de l'orbite normale $1\,\mathrm{S}$.

Dans ces spectres cependant la raie ultime, qui est aussi la raie la plus forte du spectre d'absorption de la vapeur de l'élément pris à l'état normal, est toujours la première raie $1\,\mathrm{S} - 2\mathrm{P}$ de la série principale du système des séries de raies simples, bien que le niveau énergétique de l'orbite $2\mathrm{P}$ soit supérieur à celui de l'orbite $2p_2$. Tout se passe donc comme si, toutes

([1]) A. Sommerfeld, *Atombau und Spectrallinien*, 3e édition, 1922. — F.-D. Foote and F.-L. Mohler, *The origin of Spectra*, 1922. — C.-C. Kiess, *Scient. Pap. Bur. of Standards*, n° 474, 1923.

choses pareilles d'ailleurs, le passage d'un électron d'une orbite stationnaire à une autre se produisait plus aisément, quand ces deux orbites correspondent à des termes qui appartiennent à un même système de séries.

Les travaux récents de Catalan [1] et de Kiess [1] sur la structure des spectres d'arc du chrome, du molybdène et du manganèse permettent d'affirmer à présent que *les raies de résonance des éléments dont les spectres d'arc comprennent plusieurs systèmes de séries ne sont les raies ultimes et les raies caractéristiques des spectres d'absorption de ces éléments que si leurs fréquences correspondent à des combinaisons entre des termes qui appartiennent à un même système de séries.*

C'est précisément ce qui arrive dans le cas des spectres d'arc du chrome et du molybdène, éléments qui appartiennent tous les deux à la colonne VI du Tableau périodique. Ces deux spectres contiennent, outre des groupements complexes appelés multiplets, deux systèmes de triplets larges, dont les séries principales sont représentées respectivement par les formules $1s - mp_i^a$ $(i = 1, 2, 3)$ et $1s - mp_i^b$ $(i = 1, 2, 3)$, et un système de triplets étroits dont la série principale est représentée par $1S - mP_i (i = 1, 2, 3)$.

Dans chacun d'eux, les orbites stationnaires se rangent comme il suit dans l'ordre des valeurs croissantes des niveaux énergétiques : $1s$, $1S$, $2p_i^a$, $2P_i$, $2p_i^b$. Les raies de résonance sont celles du triplet $1s - 2p_i^a$ (Cr λλ 4254,33; 4274,80; 4289,72; Mo λλ 3902,97; 3864,12; 3798,26), la combinaison $1s - 1S$ étant impossible d'après la règle de sélection de Bohr. Ce sont celles qui sont notées comme raies ultimes dans les Tables de M. de Gramont; les raies données comme les plus persistantes après celles-là étant les raies des triplets $1S - 2P_{123}$ et $1s - 2p_{123}^b$; elles correspondent toutes à des passages de l'électron d'une orbite à une autre orbite d'un même système. Les raies $1s - 2P_i$, $1S - 2p_i^a$, $1S - 2p_i^b$ qui résultent de combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents ne sont pas persistantes.

Le spectre du manganèse a une structure analogue à celle des spectres précédents; il comprend, avec de nombreux multiplets, un système de triplets larges et deux systèmes de triplets étroits, dont les séries principales sont représentées respectivement par les formules $1s - mp_i$ (triplets larges), $1S - mP_i^a$ et $1S - mP_i^b$. Les termes des niveaux énergétiques croissants

(1) Catalan, *Phil. Trans.*, A., t. 227, 1922, p. 127; *Annales de la Soc. espanol. de Fisica*, t. 21, 1923, p. 84 et 213. — Kiess, *Scient. Pap. of Bur. of Standards*, n° 474, 1923.

se rangent dans l'ordre suivant : $1S$, $2p_i$, $2P_i^a$, $2P_i^b$, $1s$, etc. Les raies de résonance sont ici les raies $1S - 2p_2$ et $1S - 2p_3$, la combinaison $1S - 2p_1$ étant interdite d'après les règles de sélection de Sommerfeld et Landé ; ces raies qui correspondent à des combinaisons entre des termes appartenant à des systèmes de séries différents, ne sont pas données comme persistantes par M. de Gramont ; elles n'ont pu être observées par Grotrian [1] dans le spectre d'absorption de la vapeur de manganèse, dans des conditions où les raies du triplet $1S - 2P_{123}^a$, qui sont, d'après M. de Gramont, les raies ultimes du spectre d'arc du manganèse, apparaissent au contraire très fortes.

Les raies de résonance, qui correspondent au retour de l'électron spectral vers l'orbite normale de l'atome, à partir de l'orbite qui a le niveau énergétique le moins élevé parmi celles dont il peut revenir sans violer les règles de sélection de Bohr et de Landé, ne sont donc pas celles qui, dans dans tous les cas, ont le plus de chances d'être produites dans une source lumineuse, quand l'énergie appliquée à chaque atome est capable de porter l'électron spectral sur des orbites de niveaux plus élevés. La probabilité des passages de l'électron spectral d'une orbite stationnaire à une autre ne peut donc pas être déterminée uniquement à partir du niveau énergétique de ces orbites. Pour déterminer *a priori* cette probabilité, il faudrait étudier la stabilité dynamique des atomes et des trajectoires possibles des électrons qui entrent dans leur constitution. Cette étude est à peine commencée et les résultats obtenus récemment dans le cas simple de l'atome d'hélium ne sont guère encourageants. Mais à défaut d'une étude théorique, les observations sur l'ultime persistance des raies dans les spectres d'émission et sur leur première apparition dans les spectres d'absorption permettent déjà d'affirmer que, parmi les termes qui entrent dans les formules des séries, ceux qui appartiennent à un même système de séries correspondent à des orbites entre lesquelles le passage est plus probable qu'entre les orbites qui correspondent à des termes appartenant à des systèmes de séries différents. Cette conclusion, qui était la base de ma Note du 2 décembre 1922, a été depuis nettement admise par Bohr et rattachée aux principes de sa théorie [2].

---

(1) W. Grotrian, *Zeits. für Phys.*, t. 18, 1923, p. 169.

(2) N. Bohr, *Ann. de Phys.*, t. 71, 1923, p. 223.

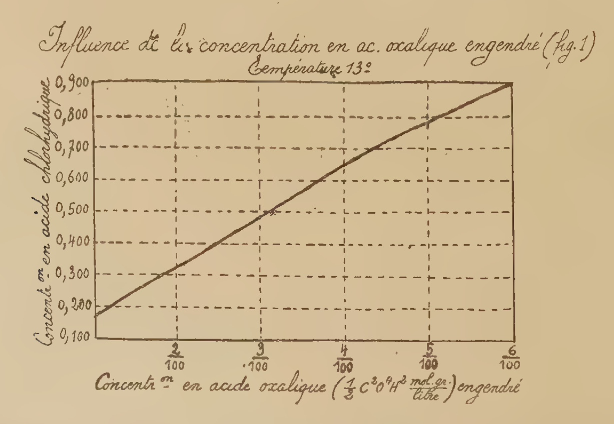
CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'équilibre du système oxalate de calcium-acide chlorhydrique étendu.* Note de MM. E. **Carrière** et M. **Auméras**, présentée par M. Haller.

Ostwald a mis en évidence que l'action de l'acide chlorhydrique sur l'oxalate de calcium en excès, correspondait à un état d'équilibre [1] représenté par l'équation

$$C^2O^4Ca + 2HCl \rightleftharpoons CaCl^2 + C^2O^4H^2.$$

Nous nous sommes proposés de rechercher successivement l'influence de chacun des facteurs sur l'équilibre, en laissant les autres facteurs constants. La méthode détermination de l'équilibre consiste à observer la disparition du louche dû à la suspension de l'oxalate de calcium dans l'eau, par addition d'acide chlorhydrique titré. Le système est donc étudié à l'instant précis où la transformation de l'oxalate de calcium en acide oxalique est pratiquement complète. L'oxalate de calcium est obtenu au moment de faire les déterminations, par précipitation d'une liqueur titrée d'acide oxalique par une liqueur équivalente de chlorure de calcium.

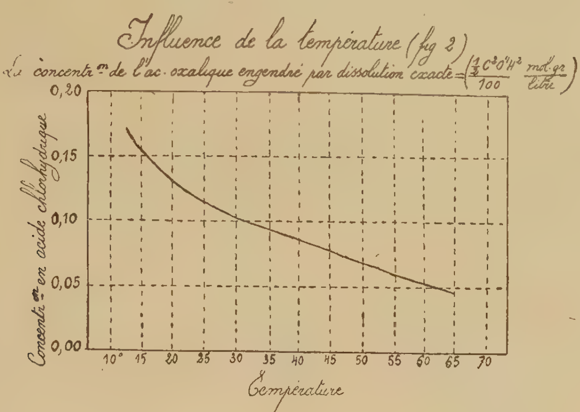
1° *Influence de la concentration en acide oxalique créé.* — Les concen-



trations en chlorure de calcium et en acide oxalique se correspondent mais sont 2, 3, ... fois plus fortes dans les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. La température est maintenue constante. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 1. Cette courbe est sensiblement une droite.

(1) Ostwald, *Journ. für prakt. Chemie*, t. 22, p. 251.

2° *Influence de la température.* — Les concentrations en acide oxalique et en chlorure de calcium se correspondent et sont maintenus constantes dans toutes les déterminations. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 2.

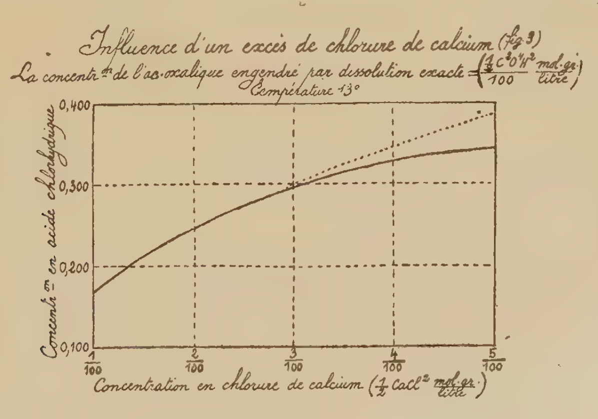


Nous constatons que les concentrations en acide chlorhydrique sont sensiblement proportionnelles aux produits de solubilité de l'oxalate de calcium comme cela ressort du Tableau suivant :

Concentration en acide chlorhydrique.

	Température.							
	18°.	15°.	20°.	25°.	35°.	45°.	55°.	65°.
Trouvée...	0,147	0,165	0,136	0,119	0,097	0,08	0,059	0,048
Calculée...	0,147	0,163	0,136	0,115	0,086	0,065	0,054	0,039

3° *Influence d'un excès de chlorure de calcium.* — La température et la

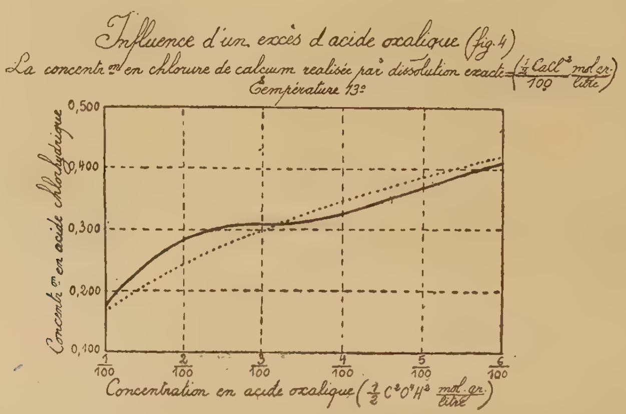


concentration en acide oxalique engendré étant maintenues constantes, les concentrations en chlorure de calcium sont 2, 3, ... fois plus fortes dans

les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 3.

Nous remarquons que les concentrations en acide chlorhydrique varient approximativement comme la racine carrée de la concentration en chlorure de calcium. Sur la figure, nous avons représenté en pointillé cette proportionnalité de la racine carrée.

4° *Influence d'un excès d'acide oxalique.* — La température et la concentration en chlorure de calcium étant maintenues constantes, les concentrations en acide oxalique sont 2, 3, ... fois plus fortes dans les 2e, 3e, ... déterminations que dans la première. Les résultats sont représentés par la courbe de la figure 4.



Nous remarquons que les concentrations en acide chlorhydrique varient approximativement comme la racine carrée de la concentration en acide oxalique. Sur la figure nous avons représenté en pointillé cette proportionnalité à la racine carrée.

CHIMIE MINÉRALE. — *Action des températures élevées sur quelques substances réfractaires.* Note de M. **Camille Matignon**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Les substances étudiées ont été soumises à l'action des hautes températures réalisées dans un four électrique à résistance constitué essentiellement par un tube en charbon parcouru par un courant d'ampérage convenable et noyé dans une substance réfractaire et peu conductrice, charbon en poudre, azoture d'aluminium, zircone, etc. La substance agglomérée sous forme de pastilles est placée au centre du four parcouru par un courant d'azote pur,

dans le voisinage d'un morceau de charbon de bois purifié dont on prend la température à l'aide d'un pyromètre Wanner, préalablement bien réglé. La visée se fait par l'intermédiaire d'une petite fenêtre fermée par une lame mince servant de couvre-objet dans les observations microscopiques. Une étude préliminaire permet de se rendre compte facilement de la grandeur de la correction résultant du passage des radiations à travers cette mince lamelle.

On utilise comme support de la pastille soit une lame de charbon, soit un aggloméré en azoture d'aluminium, soit un aggloméré en carborundum.

I. *Aluminate de soude*, $Al^2O^3.Na^2O$. — Cet aluminate est préparé par le chauffage vers 1100°-1200° d'un mélange intime d'alumine et de carbonate de sodium purs employés en quantités théoriques. L'expérience démontre cependant qu'on obtient de bons résultats en utilisant un très léger excès d'alumine.

Voici les dosages de quelques échantillons, dosages donnant les rapports de l'alumine et de la soude :

				Calculé.
Al^2O^3............	61,76	61,97	61,95	62,19
Na^2O............	38,24	38,03	38,05	37,80

On a déterminé le point de fusion de ce sel, en élevant progressivement la température, qui est notée chaque minute, et en surveillant l'affaissement de la pastille.

Dans une première expérience la fusion s'effectue entre 1650° et 1670°; dans une deuxième, où l'élévation de température est trop rapide, on note 1670°; dans la troisième, fusion nette à 1650°. Nous pouvons admettre 1650° comme point de fusion.

Les aluminates du type $Al^2O^3Na^2O.n\,Na^2O$, plus riches en soude que l'aluminate précédent se dissocient au-dessous de 1650° en perdant toute la soude complémentaire à l'état de vapeur, il se produit d'abondantes fumées, on a la réaction :

$$Al^2O^3Na^2O.n\,Na^2O = Al^2O^3\,Na^2O_{sol} + n\,Na^2O_{vap}.$$

Le haut point de fusion de ce sel de soude en fait presque un produit réfractaire. Il constitue pour ainsi dire un stabilisateur de la soude et permet d'étudier indirectement les réactions de la soude jusqu'aux environs de 1600°. Vis-à-vis de la soude, l'aluminate joue le même rôle que les bisulfates alcalins vis-à-vis de l'acide sulfurique; ces bisulfates permettent, comme on le sait, de réaliser en quelque sorte les réactions de l'acide sulfu-

rique à des températures supérieures à son point d'ébullition. J'aurai l'occasion d'en fournir quelques exemples.

II. *Zircon.* — Le zircon ou silicate de zirconium, SiO^2ZrO^2, utilisé dans ces recherches, était constitué par de magnifiques cristaux quadratiques originaires du Brésil. On a porté progressivement sa température jusqu'à 2126° sans atteindre la fusion. Ce corps paraît se dissocier légèrement à partir de 1800° en zircon et vapeurs de silice :

$$SiO^2ZrO^2_{sol} \rightleftharpoons ZrO^2_{sol} + SiO^2_{vap}.$$

Cette dissociation devient manifeste vers 1900°; les fumées blanches qui en résultent faussent la mesure de la température, au point que l'expérience dut être arrêtée à la température mesurée de 2126° (c'est-à-dire, en réalité, à une température nettement supérieure), parce que le tube était alors littéralement obstrué par les vapeurs et les fumées de silice.

La zircone qui résulte de la décomposition ne fond pas encore à 2300°; on a indiqué en effet pour sa température de fusion un nombre voisin de 2600°.

Cette facile dissociation du zircon, qui tient évidemment à la faible chaleur dégagée dans l'union des deux anhydrides, fournit le principe d'une méthode qui pourra sans doute être industrialisée pour la fabrication de ce réfractaire si précieux, la zircone.

III. *Zirkite.* — On trouve dans le commerce, sous le nom de zirkite, un produit réfractaire constitué par une zircone impure souillée par quelques centièmes de silice et un peu d'oxyde de fer. Cet oxyde naturel, qui se rencontre aux États-Unis, est simplement soumis à un traitement d'épuration physique; il forme alors un produit réfractaire d'un prix bien inférieur à celui de la zircone pure. Je l'ai chauffé progressivement et j'ai pu constater qu'il ne fondait pas encore à 1950°.

IV. *Anhydride tungstique.* — L'anhydride tungstique chauffé jusqu'à 2130° n'a pas fondu; mais, dans les conditions de mes essais (milieu réducteur), il s'était transformé en un mélange de métal et de carbure.

V. *Azoture d'aluminium.* — L'azoture d'aluminium, AlN, forme un excellent réfractaire; il ne fond pas encore à 2200° et se dissocie en ses constituants à une température plus élevée.

Quand on fabrique l'azoture d'aluminium dans un four fixe vertical chauffé suivant son axe par une résistance électrique, le mélange alumine et charbon qui entoure cette résistance se transforme progressivement en azoture dans l'atmosphère d'azote. En fin d'expérience, on trouve autour de l'électrode un vide limité par une surface isothermique, correspondant

à la température de dissociation commençante de l'azoture. On ne peut confondre cette dissociation avec une sublimation qui aurait simplement pour effet de déplacer l'azoture.

Sous sa forme cristallisée, il résiste assez à l'action de l'oxygène qui ne le détruit que très lentement à ces hautes températures. Je reviendrai sur ce point.

THERMOCHIMIE. — *Chaleurs de dissolution et de formation des chlorures doubles :* $CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$, $CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$ *et des sels anhydres correspondants*. Note [1] de MM. **A. Bouzat** et **E. Chauvenet**, présentée par M. Paul Sabatier.

Préparation des sels. — Nous avons préparé $CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$ et $CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$ en évaporant, vers 50°, une solution renfermant 2^{mol} de chlorure alcalin pour 1^{mol} de chlorure cuivrique. Les chlorures anhydres $CuCl^2\,2KCl$ et $CuCl^2\,2RbCl$ ont été obtenus en chauffant les sels hydratés à une température comprise entre 45° et 70° dans une atmosphère de gaz chlorhydrique sec. Ce procédé fournit les chlorures anhydres purs.

Quant à $CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$, comme il perd son eau dès la température ordinaire, nous l'avons préparé en effectuant l'évaporation de sa solution à une température de 10° à 12°. Par évaporation vers 40°, nous avons obtenu le sel anhydre $CuCl^2\,2CsCl$. Les cristaux de $CuCl^2\,2CsCl$ se sont présentés sous deux apparences distinctes : les uns allongés et jaune brillant, les autres trapus et brun rouge.

Chaleurs de dissolution. — Nous avons fait pour chaque sel (autre que $CuCl^2\,2Cs\,2H^2O$) au moins cinq mesures, à des températures comprises entre 9° et 21°. Le poids de sel dissous dans chaque expérience a été de 5^g à 14^g dans 400^{cm^3} d'eau.

Les déterminations ont conduit aux chaleurs de dissolution suivantes :

$CuCl^2\,2KCl$	$-1^{cal},85 + 0^{cal},15\ (t - 15°)$
$CuCl^2\,2RbCl$	$-3,57 + 0,17\ (t - 15°)$
$CuCl^2\,2CsCl$	$-5,24 + 0,14\ (t - 15°)$

(Les chaleurs de dissolution des deux variétés de $CuCl^2\,2CsCl$ n'ont pas présenté de différences supérieures aux erreurs d'expériences.)

---

(1) Séance du 3 décembre 1923.

$CuCl^2\,2KCl\,2H^2O$	$-\overset{cal}{6,88}+\overset{cal}{0,17}\,(t-15^\circ)$
$CuCl^2\,2RbCl\,2H^2O$	$-11,14+0,17\,(t-15^\circ)$
$CuCl^2\,2CsCl\,2H^2O$	$-9,80$ à 12°

ce qui donne $-9^{cal},30$ à 15° en admettant une variation de $0^{cal},17$ par degré, égale à celle des deux autres chlorures hydratés.

La variation de la chaleur de dissolution avec la température est très grande pour tous ces composés; elle est vraisemblablement du même ordre que la somme des variations des chaleurs de dissolution des molécules constituantes. Elle est d'autre part à peu près la même pour les trois chlorures doubles.

Il y a lieu de remarquer que la chaleur de dissolution de $CuCl^2, 2RbCl$ ($-3^{cal},57$ à 15°) est sensiblement égale à la moyenne ($-3^{cal},54$ à 15°) des chaleurs de dissolution de $CuCl^2, 2KCl$ et de $CuCl^2, 2CsCl$, de même que le poids atomique du rubidium est à peu près la moyenne des poids atomiques du potassium et du cæsium. Une relation semblable a été trouvé par M. de Forcrand [1] entre les chaleurs de dissolution des combinaisons d'un même halogène avec le potassium, le rubidium et le cæsium.

Les chlorures doubles hydratés, au contraire, ne vérifient nullement une telle relation.

Chaleurs de formation. — Nous admettrons comme chaleurs de dissolution à 15° : $11^{cal},0$ pour $CuCl^2$ [2], $-4^{cal},45$ pour KCl [3], $-4^{cal},50$ pour $RbCl$, $-4^{cal},68$ pour $CsCl$ [1].

Il est facile de calculer qu'à 15°.

$$CuCl^2_{sol} + 2KCl_{sol} = CuCl^2\,2KCl_{sol} + \overset{cal.}{3,95}$$
$$CuCl^2_{sol} + 2RbCl_{sol} = CuCl^2\,2RbCl_{sol} + 5,57$$
$$CuCl^2_{sol} + 2CsCl_{sol} = CuCl^2\,2CsCl_{sol} + 6,88$$

D'autre part, la chaleur de fusion d'une molécule d'eau rapportée à 15° au moyen des chaleurs spécifiques étant de $1^{cal},56$, on trouve qu'à 15° :

$$CuCl^2\,2KCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl^2\,2KCl\,2H^2O_{sol} + \overset{cal.}{1,91}$$
$$CuCl^2\,2RbCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl\,2RbCl\,2H^2O_{sol} + 4,45$$
$$CuCl^2\,2CsCl_{sol} + 2H^2O_{sol} = CuCl\,2CsCl\,2H^2O_{sol} + 0,94$$

---

(1) De Forcrand, *Annales de Chimie et de Physique*, 8e série, t. **24**, 1911, p. 256.

(2) Thomsen, *Thermochemische Untersuchungen*, t. 3, p. 186. — Sabatier, *Bulletin de la Société chimique*, 3e série, t. **1**, 1889, p. 90.

(3) Berthelot et Ilosvay, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. **29**, 1883, p. 301. — Paul Mondain-Monval, *Comptes rendus*, t. **176**, 1923, p. 889.

La chaleur de formation de $CuCl^2 2RbCl$ ($5^{cal},57$) est encore sensiblement égale à la moyenne ($5^{cal},41$) des chaleurs de formation de $CuCl^2 2KCl$ et de $CuCl^2 2CsCl$.

Par contre, la chaleur de combinaison des sels anhydres avec l'eau ne varie pas du tout comme le poids atomique du métal alcalin.

Constitution des sels. — On considère généralement les chlorures doubles du type $CuCl^2 2KCl$ comme renfermant l'anion $CuCl^4$ (1). Adoptons comme chaleurs de combinaison de Cl_{gaz} avec : K_{sol} $104^{cal},10$, Rb_{sol} $105^{cal},00$, Cs_{sol} $106^{cal},38$ (2). Le calcul indique que la chaleur d'union de $CuCl^4$ avec K^2, Rb^2 ou Cs^2 à l'état solide augmente de $3^{cal},42$ de K^2 à Rb^2 et de $4^{cal},07$ de Rb^2 à Cs^2 : ces deux nombres peuvent être considérés comme très voisins, surtout si l'on remarque que chacun d'eux résulte de huit données expérimentales différentes.

M. de Forcrand a montré que la chaleur dégagée par la combinaison d'un même halogène avec K, Rb ou Cs croît, comme le poids atomique du métal, à peu près de la même quantité de K à Rb et de Rb à Cs; cette règle se retrouve, si l'on considère, au lieu d'un halogène, l'anion complexe $CuCl^4$.

Le changement de couleur (1) et la variation du coefficient d'aimantation moléculaire (3) qui accompagnent le départ des deux molécules d'eau des chlorures doubles hydratés conduisent à regarder cette eau comme de l'eau de constitution.

Mais dans l'hypothèse où les trois sels renfermeraient l'anion complexe $\left[Cu^{Cl^4}_{(H^2O^2)}\right]$, sa chaleur de combinaison avec K^2_{sol}, Rb^2_{sol} ou Cs^2_{sol} augmenterait de $5^{cal},96$ de K^2 à Rb^2 et de $0^{cal},56$ de Rb^2 à Cs^2; les accroissements ne seraient plus du tout proportionnels aux différences des poids atomiques des métaux alcalins.

En comparant la déshydratation des chlorures doubles de Cu et de NH^4, K, Rb ou Cs avec celle des sulfates doubles des mêmes métaux (4), on voit que c'est le chlorure double de cæsium qui, au point de vue de l'affinité pour l'eau, présente une anomalie.

---

(1) Urbain et Sénéchal, *Introduction à la Chimie des complexes*, p. 426.

(2) De Forcrand, *loc. cit.*

(3) Mlle Feytis, *Comptes rendus*, t. 156, 1913, p. 886.

(4) Caven et Ferguson, *Journal of the Chemical Society*, vol. 121, 1922, p. 1406.

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur le dosage du calcium par la méthode opacimétrique.* Note de MM. C. **Chéneveau** et R. **Boussu**, présentée par M. Charles Moureu.

Le dosage de petites quantités de calcium par la méthode opacimétrique, à l'aide de suspensions d'oxalate de calcium, a déjà été utilisé par quelques auteurs, parmi lesquels nous pouvons citer MM. Muguet (¹), Lyman (²), etc.

Cependant on ne paraît pas s'être préoccupé des conditions exactes dans lesquelles il fallait se placer pour que l'absorption de la lumière fût uniquement fonction de la concentration. Nous avons essayé de les déterminer par des recherches systématiques.

L'un de nous (³) a montré, d'après des expériences faites en collaboration avec M. René Audubert (⁴), que les lois qui régissent l'absorption de la lumière par les milieux troubles, à particules sphériques et transparentes, mènent à cette conclusion : pour que l'absorption, qui dépend de la masse des particules et de leur diamètre, soit une fonction de la concentration, il faut que les diamètres des grains soient les mêmes ou que leur diamètre moyen reste constant.

On peut se demander s'il est légitime que les mêmes lois s'appliquent aux précipités en suspension dont les grains ne sont pas sphériques et sont plus ou moins fins et cristallins. Pour trancher cette question, nous avons réalisé diverses expériences avec le néphélémètre Chéneveau-Audubert (⁵), dans lequel le déplacement d'un coin à teinte neutre compense l'absorption du milieu trouble étudié et est, entre certaines limites et pour des granules sphériques et transparents, proportionnel à leur concentration. Nous nous sommes d'abord assurés, bien que l'écart entre nos lectures fût faible

(¹) *Sur le dosage de la chaux dans les jus sucrés* (*Journ. Fabric. de Sucre*, n° 37, 1903, p. 1).

(²) *Dosage du calcium dans le sérum sanguin* (*Journ. of Bio. Chem.*, 377, 1914, p. 17.

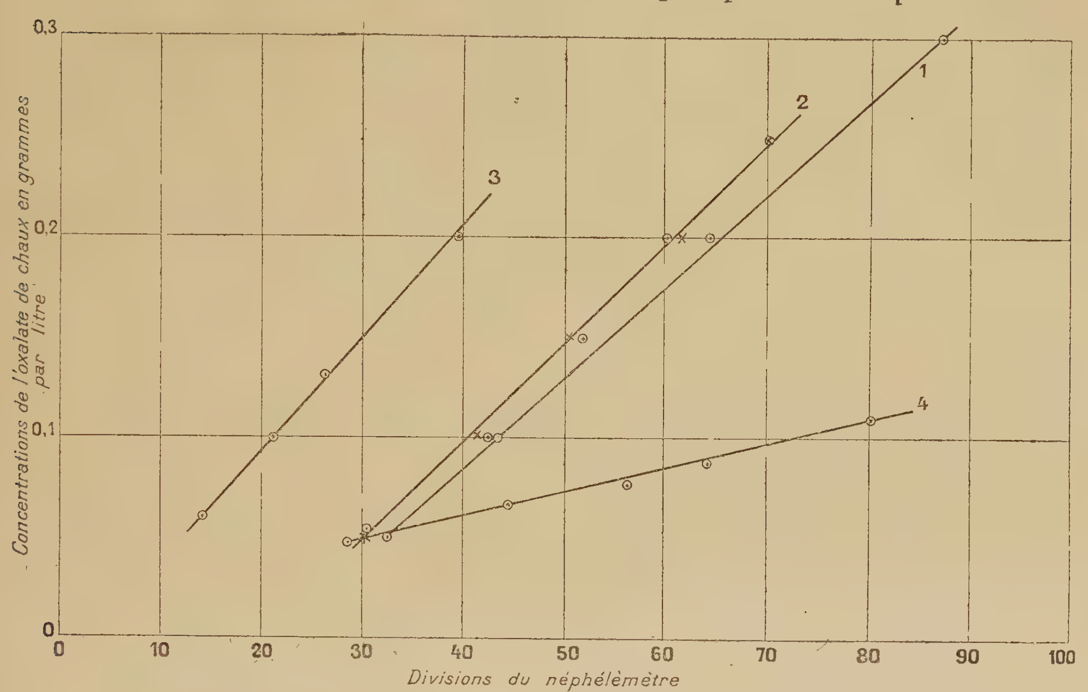
(³) C. Chéneveau, *Conférence faite à l'Association des Élèves des Écoles spéciales de l'Université de Liége*, le 8 juin 1923.

(⁴) *Ann. de Phys.*, 9ᵉ série, t. 13, 1920, p. 134.

(⁵) *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 728. — L'appareil, disposé verticalement, donne les mêmes résultats, que la matière soit dispersée ou déposée.

(3 divisions), qu'il était malgré tout préférable que chaque observateur fît sa courbe d'étalonnage.

Nous avons ensuite cherché les conditions de précipitation complète du calcium dans des solutions très étendues de nitrate de calcium. Comme le montrent les droites 1 et 2 de la figure, la précipitation complète n'est



obtenue, au bout de 24 heures, que par la méthode analytique connue, qui consiste à ne pas précipiter seulement le sel de calcium par l'acide oxalique (droite 2), mais à le faire en présence d'ammoniaque (droite 1). On voit qu'en attendant assez longtemps, la droite 2 ne diffère pas beaucoup de la droite 1, mais on ne peut compter, pour un dosage précis, que sur cette dernière, qui correspond à la précipitation complète.

Si l'on précipite des solutions de plus en plus étendues (droite 2, points), ou si l'on dilue successivement un précipité d'oxalate de calcium (droite 2, croix), les résultats sont identiques si l'on reste dans les mêmes limites de concentration.

L'influence des dimensions des grains des précipités est mise en évidence par la comparaison des courbes 1 et 3 ; tandis que la droite 1 se rapporte à des grains fins, la droite 3 correspond à de plus gros grains obtenus par l'ébullition prolongée de la solution précipitée.

Enfin la nature du sel de calcium précipité n'est pas indifférente, car, comme le montrent les droites 1 et 4 se rapportant à $(NO^3)^2 Ca$ et $Ca Cl^2$, les résultats ne sont pas semblables. On peut donner une explication de cette différence en remarquant que le liquide intergranulaire n'est pas le même dans les deux cas et que la formation des cristaux dans des milieux différents ne donne pas des grains de dimensions comparables.

Il ressort de ce travail : que les précipités d'oxalate de calcium en suspension paraissent bien obéir entre certaines limites aux lois générales de l'optique des milieux troubles; que le dosage du calcium par la méthode opacimétrique est toujours possible, mais demande une minutieuse étude préalable. Des méthodes du même genre ont déjà été utilisées pour le dosage de divers corps, mais de façon empirique. Comme nous venons de le montrer, il serait intéressant que l'étude indispensable à faire dans chaque cas fût conduite d'une façon systématique [1].

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur les hexamétaphosphates.* Note de M. **Paul Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

On désigne généralement sous le nom d'hexamétaphosphates les sels incristallisables obtenus à partir des pyrophosphates acides ou des phosphates monométalliques, fondus au rouge et refroidis rapidement.

Si cette dernière précaution n'est pas observée, le sel obtenu présente souvent des traces de cristallisation et le lavage en sépare souvent du trimétaphosphate plus rapidement soluble; il est même fréquent de le trouver souillé du sel alcalin insoluble dont nous avons montré l'allure colloïdale et qui se dissout partiellement, à la faveur des autres métaphosphates, rendant leur solution nettement visqueuse.

On a considéré également comme hexamétaphosphates les sels résultant de la double décomposition entre un sulfure alcalin et les métaphosphates de métaux lourds préparés, au-dessus de 400°, à partir d'un oxyde et de l'acide phosphorique. Disons de suite que la plus grande confusion règne autour de ce second mode de préparation; suivant les uns, les sels alcalins sont cristallisables; suivant les autres, ils restent toujours vitreux; enfin quelques-uns mêmes les ont obtenus sous forme de masses élastiques. Nous aurons plus tard l'occasion de montrer qu'en l'absence de toute pré-

(1) C'est par exemple ce que MM. H. Bénard et A. Laborde ont fait pour le dosage des albumines (*Comptes rendus*, t. 176, 1923, p. 98).

caution spéciale on a toujours dans ce cas un mélange au moins binaire de trimétaphosphate, d'hexamétaphosphate et de métaphosphate colloïdal insoluble dans l'eau,

Le moyen le plus sûr d'obtenir un hexamétaphosphate alcalin bien défini consiste à partir du trimétaphosphate, dont la pureté initiale est facile à contrôler par l'absence de précipitation avec les sels de plomb, de baryum et d'argent. Le sel est fondu vers 700°, par doses de quelques grammes seulement, dans un large creuset de platine où il s'étale en couche mince, et l'on plonge brusquement le fond du récipient dans l'eau froide. La matière vitreuse résultante est exempte de toute trace de sel colloïdal, comme l'indique l'absence de viscosité de ses solutions; elle ne contient pas non plus de trimétaphosphate, comme le montre la pesée du précipité donné dans sa solution par le nitrate de plomb (1,789 fois son poids après dessiccation à 125°).

Les relations que nous avons découvertes entre les trimétaphosphates et les hexamétaphosphates justifient ce mode opératoire.

Les deux séries de sels se transforment en effet l'une dans l'autre par variation de la température et il existe un point de transformation bien défini, situé pour le sel de sodium à 607° ± 2°; l'hexamétaphosphate est la forme stable aux hautes températures.

Le passage du trimétaphosphate à l'hexamétaphosphate est pratiquement instantané, mais la vitesse de la transformation inverse décroît rapidement quand on s'écarte de la température d'équilibre. Pour réaliser la dépolymérisation intégrale il a fallu en effet les durées de chauffe suivantes :

A 602°	< 1 minute
A 586°	4 à 5 minutes
A 544°	15 à 16 »
A 507°	40 à 45 »

Aux températures plus basses, la vitesse de transformation devient insensible et les hexamétaphosphates subsistent à la faveur d'un faux équilibre. Ainsi s'explique l'identité des points de fusion des deux types de polymères, situés pour le sel de sodium à 638°; ainsi s'expliquent les détails des recettes indiquées pour la préparation du « sel soluble de Graham », dans laquelle on cherche à traverser rapidement la zone de rétrogradation, située au-dessous de 607°.

Après leur formation, les hexamétaphosphates subissent à haute température une très lente évolution, dont la limite est atteinte en 16 heures

à 648°, en 6 heures à 835°. Le phénomène est relevé par un léger accroissement de la viscosité de leurs solutions, dû vraisemblablement à la formation d'une faible proportion de la variété colloïdale. Si l'on constitue en effet des mélanges de cette forme avec l'hexamétaphosphate correspondant, ils évoluent très rapidement vers le second constituant pour présenter, aux mêmes températures, les mêmes viscosités que dans la première série d'expériences. L'équilibre correspond aux proportions suivantes de sel colloïdal :

A 648°..............................	1,8 pour 100
A 835°..............................	1,2 »

Les hexamétaphosphates, que nous venons ainsi de situer par rapport aux autres polymères, s'en distinguent encore par leur propriété de donner des complexes avec les sels de fer et d'uranyle, correspondant aux types

$$[Fe(Po^3)^6]M^4, \quad [Fe(Po^3)^6]M^3, \quad [UO^2(Po^3)^6]M^4,$$

dont les deux premiers s'apparentent aux ferrocyanures et aux ferricyanures. C'est ainsi qu'un excès de sel alcalin décolore le sulfocyanure ferrique et empêche toute coloration des sels d'uranyle par les ferrocyanures. Nous nous proposons de revenir prochainement sur ces réactions qui fournissent un moyen de déceler 1 pour 100 d'hexamétaphosphate dans un mélange d'isomères.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Action de la silice et de l'alumine sur le sulfate de chaux.* Note de Mlle **Germaine Marchal**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

On a cherché dans ces derniers temps à substituer le sulfate de chaux au carbonate de chaux, dans la préparation des ciments, en vue de récupérer l'acide sulfurique du gypse.

Je me suis proposé de fixer les caractéristiques des réactions qui peuvent intervenir dans cette fabrication, et j'ai commencé par entreprendre leur étude statique.

Cette Note est relative aux actions respectives de la silice et de l'alumine sur le sulfate calcique.

Pour cette étude expérimentale, on a par exemple pris, comme matières initiales, la silice et le sulfate dans le vide, par conséquent en l'absence d'oxygène, de manière à constituer un système monovariant, donnant par conséquent une pression d'équilibre pour chaque température.

Le dispositif expérimental employé est le même que celui déjà décrit au sujet de la détermination de la pression de dissociation de quelques sulfates ([1]). J'ai mélangé intimement, après les avoir desséchés par calcination, d'une part du sulfate de chaux pur et de la silice (obtenue par décomposition de l'eau par le fluorure de silicium), et d'autre part du sulfate de chaux et de l'alumine pure, dans les proportions des deux réactions suivantes :

$$(1)\qquad SO^4Ca + SiO^2 = SiO^2.CaO + SO^2 + \frac{1}{2}O^2,$$

$$(2)\qquad SO^4Ca + Al^2O^3 = Al^2O^3.CaO + SO^2 + \frac{1}{2}O^2.$$

Les substances ont été comprimées sous forme de pastilles en vue d'assurer un contact plus intime entre les corps réagissants, et ces pastilles ont été fractionnées en petits morceaux susceptibles de traverser la partie étroite du tube pyrométrique de porcelaine.

La réaction avec la silice commence vers 870° C., celle avec l'alumine ne paraît débuter que vers 940°-950° C. Ces deux systèmes donnent lieu tous deux à des équilibres monovariants très nets, c'est-à-dire qu'à une température déterminée, correspond une pression d'équilibre du mélange gazeux, et une seule. Le Tableau suivant contient les valeurs P, en centimètres de mercure, des pressions totales d'équilibre de ces deux systèmes, pour les températures centigrades indiquées :

Action de la silice.

$t°$ C.	P.
°	cm
940	1,05
1000	2
1030	3,4
1100	9,4
1130	14,5
1170	21,9
1190	27,2
1220	36,5
1230	44
1250	57,5
1260	64,9
1280	81,7

Action de l'alumine.

$t°$ C.	P.
°	cm
1000	0,9
1020	1,1
1060	2,2
1100	2,5
1150	4,2
1170	5
1200	6,8
1220	8,5
1230	9,8
1250	13,3
1260	14,5
1270	16,7
1280	20

([1]) G. Marchal, *Comptes rendus*, t. 175, 1922, p. 270, et t. 176, 1923, p. 299.

Ces pressions peuvent être déterminées, soit en provoquant l'action des oxydes sur le sulfate, soit par réaction inverse, c'est-à-dire action des gaz sur le silicate ou l'aluminate déjà formé; les valeurs ainsi obtenues sont parfaitement concordantes. Après chaque série d'expériences, on peut d'ailleurs, en refroidissant suffisamment lentement, faire rentrer en combinaison la totalité du gaz dégagé. La vitesse de réaction est très grande à température élevée : ainsi, avec la silice, à 1230°, une fois l'équilibre établi, si l'on enlève 20^{cm^3} à 30^{cm^3} de gaz sur un volume total d'environ 80^{cm^3}, l'équilibre se rétablit en une ou deux secondes.

La courbe des pressions totales P d'équilibre dans l'action du sulfate de chaux sur la silice indique 1273° C. comme température pour laquelle cette pression est de 76^{cm}; par extrapolation des résultats obtenus dans l'action du sulfate de chaux sur l'alumine, on arrive à 1363° C. comme température correspondant à cette même pression. La différence entre ces deux températures est en relation avec la différence des chaleurs de formation du silicate et de l'aluminate de chaux à partir des oxydes.

CHIMIE EXPÉRIMENTALE. — *Solubilité de l'acide titanique dans les alcalis et dans les carbonates alcalins. Oxychlorure de titane cristallisé.* Note de M. V. **Auger**, présentée par M. A. Béhal.

On sait que les titanates obtenus par fusion alcaline, sont hydrolysés au contact de l'eau en titanates acides insolubles, tandis que la solution alcaline ne contient que peu ou pas de titane. Il règne une indécision regrettable sur ce dernier point, car en 1849 Demoly (1) a décrit des titanates alcalins $TiO^3Na^2, 4H^2O$ et $TiO^3K^2, 4H^2O$, cristallisés par voie humide; tout récemment encore, un brevet pris en se basant sur l'existence de ces titanates spécifiait que le fer et le titane peuvent être séparés en solubilisant ce dernier en présence d'alcali en excès (2).

Nous avons déterminé la solubilité de l'acide titanique dans les lessives alcalines à divers degrés de concentration, et dans les solutions de carbonates et de bicarbonates alcalins; comme TiO^2 existe à l'état hydraté sous des formes plus ou moins compactes, plus ou moins attaquables aux réactifs, nous avons opéré soit avec des fontes alcalines où il se trouve sous forme de

(1) Demoly, *C. R. de Chimie de Laurent et Gerhardt*, 1849, p. 325.
(2) Coffignier, *Chimie et Industrie*, t. 7, 1922, p. 651.

titanate, soit avec la gelée d'hydrate soluble à froid dans les acides, soit enfin, en traitant par les alcalis en excès une solution de chlorure titanique. Nous exprimons ici les résultats en milligrammes de TiO^2 qui reste dissous en 100^{cm^3} de solution.

NaOH. — TiO^2 hydraté et NaOH à 10 pour 100 : 2 à 2,5; NaOH à 36 pour 100 : 6 à 10. Mêmes résultats en employant la solution de Cl^4Ti.

Par fusion de TiO^2 en NaOH, 1 partie de TiO^2 pur, dissous en 40 parties de NaOH au rouge; la masse refroidie traitée avec le minimum d'eau donne un liquide clair surnageant en dépôt blanc de titanate acide insoluble. Cette partie liquide cristallise par refroidissement; c'est un hydrate de NaOH qui ne contient pas trace de TiO^2. Le résidu traité par l'eau froide fournit une solution très alcaline contenant environ 7 à 10^{mg} pour 100 de TiO^2.

KOH. — TiO^2 hydraté et KOH à 10 pour 100 : 30 à 45; KOH à 40 pour 100 : 70 à 90. Solution de Cl^4Ti versée en KOH à 3 pour 100 : 1; 10 pour 100 : 30 à 45; 40 pour 100 : 100 à 120. Par fusion de TiO^2 en KOH, en faisant des reprises successives de la masse fondue avec de petites portions d'eau, on obtient successivement des solutions contenant : 175; 1500; 1800; 400; 12; 0. Les solutions 2, 3 et 4, fortement alcalines, déposent rapidement du TiO^2, et le lendemain le taux du produit dissous s'est abaissé à 100 en moyenne. Il y a donc eu momentanément une notable proportion de titanate dissous à l'état métastable, puis l'hydrolyse s'effectuant lentement, le système est revenu à l'état d'équilibre par dépôt de TiO^2.

Solubilité de TiO^2 dans les carbonates et bicarbonates alcalins.

CO^3Na^2. — TiO^2 hydraté, agité avec la solution aqueuse saturée : insoluble. Après fusion, reprise à l'eau froide ou chaude, par portions successives, on remarque, comme pour la fusion précédente, la formation de solutions métastables renfermant 25 et 10^{mg} pour 100, qui le lendemain sont retombées au titre zéro ou traces. On n'a pas pu opérer avec les solutions de Cl^4Ti, parce qu'il se forme alors du CO^3NaH, ce qui ramène au cas suivant :

CO^3NaH. — Solution à 10 pour 100 avec TiO^2 : 25; avec Cl^4Ti : 40. Ces liqueurs précipitent la totalité du titane par ébullition.

CO^3K^2. — Solution à 30 pour 100 : 2; solution saturée : 30. Après dilution et ébullition, le taux de produit dissous tombe à 0,8.

CO^3KH. — Solution saturée et TiO^2; 700. Avec Cl^4Ti et en présence d'excès de CO^3KH non dissous; 2000. Cette solution commence à déposer après quelques heures et le lendemain le taux de TiO^2 dissous tombe à 700. La solution de CO^3KH à 25 pour 100 retient à l'état soluble 275

et à 12 pour 100 : 50. Il y a évidemment formation d'un carbonate double titani-alcalin peu stable et très hydrolysable.

En résumé, il sera préférable, en analyse, d'opérer avec des solutions sodiques, carbonatées si possible, pour éviter des pertes par solubilité du TiO^2. D'autre part, les résultats obtenus sont en contradiction complète avec la Note de Demoly et ne permettent pas d'admettre l'existence de métatitanates alcalins cristallisables d'une solution alcaline.

Sur un oxychlorure de titane cristallisé. — On a décrit de nombreux oxychlorures, tous amorphes et ne présentant aucune garantie d'individualité chimique. En laissant évaporer à froid sur SO^4H^2 une solution très chlorhydrique de Cl^4Ti, nous avons obtenu de gros cristaux incolores en tablettes à faces rhombes, lentement altérables à l'air en perdant ClH et attirant l'humidité, solubles dans l'eau en donnant une solution colloïdale. L'analyse, exécutée par Mlle M.-L. Odinot, a donné des chiffres correspondant à la formule TiO^2, ClH, $3H^2O$, qu'on peut grouper suivant $Cl - Ti \vdots (OH)^3$, $2H^2O$. Des essais effectués en vue d'obtenir des chlorures contenant 2 ou 3 Cl n'ont fourni que des produits amorphes et de formule non constante; comme ces cristaux se déposent d'une solution saturée à froid en ClH, il est improbable qu'on puisse obtenir, par voie humide, un chlorure moins hydrolysé.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les chloramidines.*
Note de M. **Paul Robin**, présentée par M. Charles Moureu.

Dans une Note précédente (1), nous avons montré que l'acide hypoïodeux naissant réagissait sur les amidines pour donner des composés iodés nouveaux, les iodamidines, auxquels nous avons attribué l'une des formules

$$R.C\begin{matrix}/\!\!/ NI \\ \diagdown NH^2\end{matrix} \quad \text{ou} \quad R.C\begin{matrix}/\!\!/ NH \\ \diagdown NHI\end{matrix}.$$

De même, si l'on fait réagir sur les amidines les hypochlorites alcalins, on obtient des dérivés bien cristallisés contenant un atome de chlore susceptible de réagir, en milieu acide, sur l'iodure de potassium pour dégager deux atomes d'iode. L'atome de chlore de ces composés présente donc la même fonction que l'atome d'iode des iodoamidines. Nous proposons

(1) J. Bougault et P. Robin, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 38.

d'appeler ces composés nouveaux des chloramidines et nous leur attribuons l'une des deux fonctions suivantes :

$$R.C\begin{matrix}/\!\!/NCl\\ \backslash NH^2\end{matrix} \quad \text{ou} \quad R.C\begin{matrix}/\!\!/NH\\ \backslash NHCl\end{matrix}.$$

Benzchloramidine $C^6H^5.C.N^2H^2Cl$:

Préparation. — 20g de chlorhydrate de benzamidine sont dissous dans 500cm³ d'eau. On agite la solution mécaniquement et l'on verse assez rapidement 220cm³ de solution d'hypochlorite de soude titrant 42g de chlore actif par litre. Le produit cristallise aussitôt. On essore de suite.

Le produit ainsi obtenu est presque pur. Pour en achever la purification on le fait cristalliser dans un mélange de trois parties de ligroïne (éb. 60°-110°) et une partie de benzène en utilisant 100cm³ de solvant pour 5g de produit.

Composition. — Le dosage du chlore effectué sur le produit, après réduction par le sulfite de soude à froid, donne 22,8 pour 100 au lieu de 22,97 théorie pour un dérivé monosubstitué de la benzamidine. De plus, le mode de dosage utilisé montre que l'halogène n'est pas lié au carbone du noyau benzénique. Enfin, dans les eaux mères du dosage, on caractérise la benzamidine par transformation en iodamidine (fus. 117°).

Propriétés. — La benzchloramidine se présente sous forme de belles aiguilles incolores, inodores, mais dont les poussières sont faiblement sternutatoires.

Elle est extrêmement soluble dans tous les solvants organiques (au moins 20 pour 100 dans le benzène, 25 pour 100 dans l'alcool, l'éther, l'acétone, 50 pour 100 dans l'anhydride acétique) à froid. Elle est faiblement soluble dans l'eau à laquelle elle communique des propriétés oxydantes.

La benzchloramidine est très stable. On peut la chauffer sans altération à la température du bain-marie. Elle est sans action immédiate sur l'alcool et sur l'éther qui l'abandonnent inaltérée par évaporation.

Si on la chauffe avec de l'eau acidulée à l'ébullition, il y a dégagement de chlore.

Si on la traite par de l'eau acidulée en présence d'iodure de potassium, il y a mise en liberté de deux atomes d'iode par molécule de benzchloramidine mise en œuvre.

Chauffée avec de l'eau distillée à 100° en tube scellé, la benzchloramidine est rapidement détruite avec dégagement gazeux. Il se forme de fines aiguilles baignées par une huile brune. On caractérise comme produits de la réaction de la cyaphénine $(C^6H^5CN)^3$, du nitrile et de l'acide ben-

zoïque, de l'ammoniaque et de la benzamidine. Le chlore se retrouve à l'état d'ion Cl.

Il y a eu dissociation de la benzchloramidine en ses deux générateurs : benzamidine et acide hypochloreux; oxydation d'une partie de la benzamidine par l'acide hypochloreux avec dégagement d'azote; enfin hydrolyse d'une partie de la benzamidine.

Si l'on chauffe de la benzchloramidine avec de l'alcool absolu en tube scellé pendant 30 heures à 100°, on retrouve la majeure partie du produit inaltéré. Il s'est fait une petite quantité d'un produit chloré volatil et de la benzamidine.

Contrairement à la benziodamidine qui réagit sur l'antipyrine pour donner de l'iodantipyrine, la benzcloramidine ne réagit pas sur ce composé.

L'anhydride acétique ne réagit pas à froid sur la benzchloramidine. A l'ébullition dans le benzène il y a formation d'un composé nouveau fondant à 122°, très peu soluble dans les solvants organiques, possédant la composition d'un dérivé monoacétylé de la benzchloramidine et possédant également un atome de chlore susceptible de réagir sur l'iodure de potassium en dégageant deux atomes d'iode par molécule.

Nous avons préparé également la paratolychloramidine :

$$C^6H^4(CH^3)_1(CN^2H^2Cl)_4$$

fondant à 96° et dont les propriétés sont analogues à celles de la benzchloramidine et la phénylacétchloramidine $C^6H^5.CH^2.CN^2H^2Cl$ fondant à 72° avec laquelle nous n'avons pas pu obtenir de dérivé cristallisé par action de l'anhydride acétique.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la production d'acétone par action de l'acétate de potassium sur l'anhydride acétique.* Note de M. E. Luce, présentée par M. A. Béhal.

Ayant observé, en chauffant un mélange d'anhydride acétique, d'acide acétique et d'acétate de potassium, la formation d'acétone avec dégagement d'acide carbonique et d'un gaz non absorbable par la potasse et brûlant avec une flamme bleue, nous avons examiné de plus près cette réaction pour en élucider le mécanisme et en connaître le rendement.

En maintenant à l'ébullition durant 30 heures, par chauffage au bain d'huile à 170°-180°, dans un ballon muni d'un réfrigérant ascendant relié à des tubes à

potasse, un mélange équimoléculaire d'anhydride acétique, acide acétique et acétate de potassium, parfaitement purifiés, il s'est dégagé pour 100g d'acétate, 2g,982 d'acide carbonique, tandis qu'on a retrouvé 0g,824 d'acétone. Des mélanges équimoléculaires, d'acétate de potassium + acide acétique, anhydride acétique + acide acétique, n'ont dégagé que de minimes quantités d'acide carbonique, avec formation de traces d'acétone. Au contraire, un mélange équimoléculaire, acétate de potassium + anhydride acétique, a dégagé 12g,32 de gaz carbonique et la production d'acétone a été appréciable. Ces essais montraient donc déjà que l'acide acétique ne jouait aucun rôle dans la réaction et que celle-ci était due soit à l'anhydride, soit à l'acétate.

Toutefois, en opérant ainsi, le rendement en acétone est très médiocre pour les raisons suivantes : 1° une partie de l'acétone produite se polymérise avec formation en abondance de produits bruns insolubles; 2° une autre fraction, très importante, est entraînée par le courant gazeux chaud. On a donc opéré par la suite en chauffant le mélange, anhydride acétique + acétate de potasse, de manière à distiller l'acétone dès sa formation et à la condenser par une réfrigération énergique, en évitant toute distillation durant la première heure de chauffe. Ainsi, les rendements, sans être élevés, sont appréciables puisqu'ils s'élèvent à 24 pour 100 du rendement théorique en acétone.

Il faut remarquer à ce propos que, dans les mêmes conditions d'expérience, l'acétate de potassium ne peut être remplacé par le sel de sodium. W.-H. Perkin [1], a déjà signalé la production de cétones par action des anhydrides sur les sels de sodium, mais n'a pu obtenir de l'acétone à partir de l'acétate de soude, qu'en chauffant à 190°-200°, en tube scellé.

La réaction peut s'expliquer par l'un des trois mécanismes suivants :

1° Soit par simple décomposition de l'anhydride acétique;

2° Soit par décomposition du sel de potassium et régénération d'acétate :

$$\begin{matrix} CH^3-CO\boxed{OK} \\ CH^3-\boxed{CO\,OK} \end{matrix} = CO^3K^2 + CH^3-CO-CH^3,$$

$$\left.\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\right\rangle O + CO^3K^2 = CO^2 + 2CH^3-CO^2K.$$

3° Soit par condensation de l'anhydride et du sel, suivie de la décomposition du produit intermédiaire formé :

$$(1)\qquad \left.\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-CO \end{matrix}\right\rangle O + CH^3-CO^2K = \left.\begin{matrix} CH^3-CO-O \\ CH^3-CO-O \end{matrix}\right\rangle C \left\langle\begin{matrix} OK \\ CH^3 \end{matrix}\right.,$$

$$(2)\qquad \boxed{\left.\begin{matrix} CH^3-CO-\boxed{-O} \\ CH^3-\boxed{CO-O} \end{matrix}\right\rangle C \left\langle\begin{matrix} OK \\ CH^3 \end{matrix}\right.} = CH^3-CO-CH^3 + CO^2 + CH^3-CO^2K.$$

[1] W.-H. Perkin, *Journ. Chem. Soc.*, t. 49, 1886, p. 317-328.

Cette dernière hypothèse, déjà envisagée par W. Perkin et montrée par cet auteur comme la plus plausible, est pleinement confirmée par les faits suivants :

1° La réaction est lente; durant la première heure d'ébullition du mélange, le dégagement d'anhydride carbonique est sensiblement nul; si la température s'élève quelque peu pour que la distillation s'effectue, il distille exclusivement de l'anhydride sans acétone.

2° En chauffant à l'ébullition, au bain d'huile, un mélange de butyrate de potassium et d'anhydride acétique, le distillat renferme exclusivement un mélange de propanone et de méthylpropylcétone. Celle-ci a été caractérisée par son point d'ébullition, 98°-102°, sa combinaison bisulfitique et sa semi-carbazone, fusible à 105°-106°. On peut donc conclure à la condensation entre l'anhydride et le sel, suivie d'une décomposition s'effectuant des deux manières suivantes :

$$\begin{matrix} CH^3-CO-O \\ CH^3-CO-O \end{matrix}\!\!>C<\!\!\begin{matrix} OK \\ C^3H^7 \end{matrix} \begin{matrix} \nearrow CH^3-CO-CH^3+CO^2+C^3H^7CO^2K \\ \searrow CH^3-CO-C^3H^7+CO^2+CH^3-CO^2K. \end{matrix}$$

Avec l'une des deux premières hypothèses, il se serait formé exclusivement soit de l'acétone, soit de la butyrone $C^3H^7-CO-C^3H^7$ bouillant à 144°.

En réalité, la réaction est fort complexe. Si, en effet, après avoir chauffé à l'ébullition le mélange, anhydride acétique + acétate de potassium, on retrouve intégralement, selon les prévisions, l'acétate mis en œuvre, en revanche la quantité d'anhydride acétique détruite est bien supérieure à celle qu'aurait exigé le dégagement de gaz carbonique. Aussi, à la suite de notre observation primitive, avions-nous pensé qu'il se produisait une réaction secondaire avec dégagement d'oxyde de carbone et formation d'acétate de méthyle :

$$\begin{matrix} CH^3-CO \\ CH^3-\boxed{CO} \end{matrix}\!\!>O = CO+CH^3-CO^2-CH^3.$$

Il n'en est rien. En opérant sur des produits purs, nous avons bien caractérisé l'oxyde de carbone, mais la proportion de ce gaz, déterminée par réduction de l'anhydride iodique, a été si minime qu'elle pourrait être due plutôt à des traces de formiates contenues dans l'acétate.

D'après les opérations effectuées avec le mélange, butyrate de potassium + anhydre acétique, les deux cétones, propanone et méthylpropylcétone, se forment en proportion sensiblement égale. En tenant compte de ce

fait, le rendement en cétones totales est approximativement de 24 pour 100 par rapport au rendement théorique.

D'ores et déjà, il nous paraît possible de généraliser cette réaction. On pourrait ainsi obtenir assez facilement, en évitant les inconvénients des procédés par distillation sèche, soit des méthylcétones, en employant l'anhydride acétique, soit des cétones symétriques ou dissymétriques selon l'anhydride et le sel de potassium employés. Dans le cas examiné, butyrate de potassium + anhydride acétique, la séparation est évidemment difficile à effectuer parfaitement par distillation fractionnée. Il n'en serait plus de même avec des termes plus élevés en atomes de carbone [1].

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Solubilité et insolubilité de l'amidon.* Note de MM. G. **Malfitano** et **M. Catoire**, présentée par M. Roux.

Le fait exposé ici confirme, même par son apparence paradoxale, l'hypothèse que l'amidon soit constitué par des complexes de matière amylacée combinée aux sels des acides phosphorique et silicique. Nous avons retiré, de la partie la mieux dissoute des empois, de l'amidon qui, desséché, devenait très difficilement soluble, et dont les cendres étaient presque entièrement insolubles dans l'eau et laissaient un résidu insoluble dans les acides après fusion avec la soude. On verra que la solubilité et l'insolubilité des fractions d'amidon semblent dépendre des bases qui sont liées ou qui peuvent réagir sur les acides phosphorique et silicique, ceux-ci très vraisemblablement combinés à la matière amylacée.

Un empois ne contenant que 10g de fécule de pomme de terre au litre, chauffé au maximum à 80°, se sépare après refroidissement en deux couches, dont la supérieure occupe un dixième environ du volume et apparaît parfaitement limpide, mais bleuit fortement avec l'iode. Pour séparer cette partie la plus soluble, l'empois est dilué avec 9 volumes d'eau. Le liquide limpide décanté est réduit par évaporation dans un moule en nickel, où il est ensuite congelé. Après décongélation presque tout l'amidon est ramassé en petits bâtonnets, globules et feuillets d'une gelée très consistante qui sont facilement séparables de l'eau mère. Ce produit tout frais et encore humide, chauffé dans l'eau, ne donne pas une solution aussi claire qu'auparavant, mais un empois comparable à celui de la fécule brute. Essoré et desséché il prend l'aspect de carton-pâte qui, dans l'eau bouillante, se gonfle sans se diviser. Pour obtenir un pro-

---

(1) De plus amples détails sur le mode opératoire seront publiés dans un autre Recueil.

duit finement divisé on lave à grande eau par décantation successive et ensuite avec de l'alcool qui reste de plus en plus fort la matière séparée par congélation.

Ce produit, ayant trempé dans l'alcool presque absolu essoré à la trompe prend un aspect cotonneux, même soyeux, et ses fines particules se séparent aisément dans l'eau. Dans ces conditions, l'attaque par l'eau chaude n'est pas gênée; on constate plus nettement que cette matière retirée d'une solution limpide est à tel point peu soluble qu'après ébullition elle sédimente, formant un feutrage peu différent de celui avant le chauffage. Il faut chauffer à 150° pour obtenir une liqueur homogène, mais opalescente qui par refroidissement se trouble et forme un dépôt. Par macération dans les acides suivie de lavages cette matière se dissout à chaud comme l'amidon dit soluble; et lorsqu'on lui incorpore des traces de soude ou de potasse on obtient, en chauffant, des gelées comme en partant de la fécule ordinaire.

Revenons au sédiment formé par les grains gonflés et déchirés. Lavons-le à grande eau; celle-ci se colore toujours par l'iode; ce sédiment chauffé au bain-marie bouillant devient plus fluide et moins trouble; on le laisse sédimenter pour éviter les impuretés, et on le congèle. Après décongélation, et après des traitements analogues à ceux décrits précédemment, on obtient un produit plus grossier. Ce produit, bien que provenant de la partie trouble, chauffé après dessiccation dans l'eau bouillante semble plus sensible à l'attaque par l'eau et forme aussi un empois qui se sépare en deux couches.

Examinons maintenant les liquides de décongélation filtrés. Ils sont limpides et fluides comme de l'eau et se colorent fortement par l'iode, toutefois même après avoir été concentrés ils ne se modifient pas par congélation et presque pas par addition d'alcool. Dans ces liquides nous avons constaté que très peu d'amidon se trouve dissous en présence de la plus grande partie des sels de la fécule et surtout des solubles.

Des expériences analogues ont été faites avec l'amidon de maïs, et les résultats obtenus ne sont pas différents dans leurs modalités essentielles : réserve faite que l'acide phosphorique est moindre et l'acide silicique plus abondant que dans la fécule de pomme de terre.

Voici la composition des cendres des fractions des empois en regard des cendres des grains d'amidons dont on était parti :

Fécule de pomme de terre pour 100^{g} ; cendres totales, 283^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 153^{mg}; cendres solubles dans HCl, 102^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},9$; CaO, $0^{mmol},3$; MgO, $0^{mmol},2$; résidu insoluble dans HCl, 28^{mg}.

1. *Produit retiré de la partie limpide :* cendres totales, 162^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 6^{mg}; cendres solubles dans HCl, 142^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},3$; CaO, $0^{mmol},2$; MgO, traces; résidu insoluble dans HCl, 14^{mg}.

2. *Produit retiré de la partie trouble :* cendres totales, 216^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 6^{mg}; cendres solubles dans HCl, 176; P^2O^5, $0^{mmol},7$; CaO $0^{mmol},2$; résidu insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 10^{mg}.

3. *Liquide de décongélation de la partie limpide, par litre :* matière sèche, 50^{mg}; cendres totales, 19^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 11^{mg}, tout le reste soluble dans HCl; P^2O^5 et CaO, traces.

4. *Liquide de décongélation de la partie trouble, par litre :* matière sèche, 406^{mg}; cendres totales, 15^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 4^{mg}; tout le reste soluble dans HCl; P^2O^5, $0^{mmol},015$; CaO, traces.

Amidon de maïs pour 100^{g} : cendres totales, 90^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 3^{mg}; cendres solubles dans HCl, 72^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},22$; CaO, $0^{mmol},14$; MgO, traces; Al^2O^3, $0^{mmol},25$; reste insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 15^{mg}.

Produit retiré de la liqueur limpide : cendres totales, 101^{mg}; cendres solubles dans l'eau, 12^{mg}; cendres solubles dans HCl, 53^{mg}; P^2O^5, $0^{mmol},04$; CaO, $0^{mmol},05$; Al^2O^3, $0^{mmol},12$; reste insoluble dans HCl après fusion avec la soude, 11^{mg}.

Le fait remarquable dans ces expériences est qu'une matière bien dissoute, séparée par le procédé physique de la congélation, devient peu soluble et même insoluble par dessiccation; bien qu'elle reste susceptible de devenir par les traitements appropriés ou tel que l'amidon soluble, ou tel que l'amidon formant des gelées. Tout se passe comme si ce produit était le même que dans le grain d'amidon, à part qu'il a été débarrassé de la partie soluble des sels par le fait de sa fine dissolution et que, desséché, il devient résistant au chauffage; parce que le gonflement et la division de cette matière, en elle-même insoluble, seraient dus à l'ionisation des sels, voir même de l'eau qu'elle contenait. En tout cas ces expériences démontrent que l'on ne doit pas caractériser les différentes matières amylacées sans tenir compte que les anions des acides phosphorique et silicique sont masqués et forment des ions complexes avec la matière amylacée, alors, par conséquent, la solubilité dépend de la nature et teneur des cations. En général, l'amidon qui bleuit avec l'iode contient toujours intimement liés et masqués des phosphates alcalinoterreux; lorsque, comme l'un de nous l'a montré, on obtient une matière débarrassée de cendres, celle-ci est sensiblement dextrinisée, car la réaction bleue avec l'iode disparaît avant l'élimination complète de ce sel.

La symétrie des faits de solubilité et d'insolubilité des sels minéraux des acides phosphorique et silicique éclaire la complication des faits, relatifs à l'amidon, ce composé non seulement organique, mais organisé.

GÉOLOGIE. — *Sur les terrains permiens et triasiques de l'Ouest de Madagascar.* Note de MM. **Léon Bertrand** et **Léonce Joleaud**, présentée par M. Pierre Termier.

Le terme inférieur de la série sédimentaire de l'Ouest de Madagascar est formé par des schistes noirs plus ou moins ardoisiers, vers la base desquels s'intercalent des coulées de roches basiques; au-dessus viennent, sur 70^{m}-80^{m} d'épaisseur, des schistes rouges ou jaunes. Les schistes noirs immédiatement superposés aux roches basiques comportent de multiples intercalations de grès à grain fin avec traces végétales et de petites couches

charbonneuses. L'ensemble de ces formations, qui peut être rattaché au *Permien* par analogie avec les dépôts fossilifères du Sud de l'île (région de Benenitra), forme le noyau de l'axe anticlinal du moyen Ranobe, depuis le confluent de la Mitsiotaka jusqu'en aval de l'ancien poste d'Ampoza.

Dans toute cette région on voit se développer, au-dessus de la série permienne et en parfaite continuité avec elle, des couches verdâtres de marnes schisteuses et de grès fins psammitiques donnant parfois des dalles assez résistantes. On y trouve en abondance des coquilles d'*Estheria minuta*, des écailles de poissons et des débris végétaux, plus rarement *Mytilus* cf. *psilomoti*, *Lingula* sp. Nous avons observé cette formation du *Trias inférieur* à l'Est de Manandaza, à l'Ouest d'Ankavandra et dans toute la région du haut Manambao, du haut et du moyen Ranobe, depuis Beravina-en-terre jusqu'à Bebao, à l'Ouest d'Ampoza.

La masse principale du *Trias* est formée par des sables plus ou moins complètement consolidés en grès, qui occupent toute la zone des hauts plateaux et des hautes plaines s'étendant du Bongo Lava cristallin aux falaises du Bemaraha, de l'Ikahavo et de l'Ankara ; les mêmes grès forment d'ailleurs la partie principale de ces falaises, que couronne généralement du Jurassique ; enfin, dans la vallée du Ranobe, le Trias s'avance assez près du rivage, où il disparaît sous les tufs basaltiques du Crétacé moyen. Plus on s'éloigne du Bongo Lava et plus les éléments fins tendent à se substituer aux éléments grossiers dans cette série détritique. Souvent au contact du Cristallin s'observent de véritables conglomérats de base, dont l'âge précis est lié à la transgressivité plus ou moins accusée du Trias suivant les localités : la forme des galets de ces conglomérats indique pour les uns une origine torrentielle et pour les autres qu'il s'agit d'un dépôt de rivage marin. Les grès grossiers qui se développent à l'Ouest du Bongo Lava viennent soit sur ces conglomérats, soit directement sur les couches d'Ankavandra, quand celles-ci ont été mises à jour par l'érosion ; très près du Bongo Lava, ils se présentent parfois sous le faciès d'arkoses meubles ; ailleurs on y observe, à une distance variable du contact du Cristallin, des intercalations lenticulaires d'argiles multicolores d'origine lagunaire. Vers le Bemaraha dominent au contraire les grès à grain fin, à stratification souvent entrecroisée, rouges surtout vers le haut, plutôt jaunes vers le bas ; on voit s'y intercaler progressivement, dans les zones supérieures, des argiles bariolées, qui finissent par former une véritable assise terminale de la série triasique, dans la plaine de Tsiandro par exemple. A la hauteur de cette dernière localité les grès de la falaise ont environ 300^m de puissance ; en tenant

compte des 800^m traversés par les sondages de Maroboala, on peut évaluer l'épaisseur totale du Trias de la région à 1000^m au moins. Ce puissant ensemble éveille l'idée de dépôts fluvio-marins et laguno-marins accumulés vers la limite des domaines continental et océanique, dans une région en voie de constant affaissement, comme un géosynclinal.

Un peu partout abondent, dans les grès du Trias, les troncs d'arbres silicifiés, dont beaucoup ont encore plusieurs dizaines de mètres de longueur; évidemment ces arbres flottés provenaient d'un large continent situé vers l'Est et couvert d'une abondante végétation. Souvent tronçonnés en une quantité de segments d'une longueur voisine de leur diamètre, ils sont demeurés à la surface des plateaux, tandis que les grès et sables qui les enrobaient ont été entraînés par l'érosion. Localement, une silicification secondaire, due à la formation d'un ciment calcédonieux, affecte les sables : elle donne aux masses gréseuses une apparence de dykes qui a trompé parfois les observateurs; ces pseudo-dykes peuvent être d'ailleurs alignés suivant des cassures faisant partie de réseaux conjugués d'âge assez récent. Dans la région de Bemo Langa et en quelques autres localités, les sables triasiques ont comme ciment un bitume résultant des transformations secondaires d'un immense gîte de pétrole : les sables ainsi bituminisés se présentent en lentilles qui peuvent se superposer en hauteur et se succéder latéralement à des niveaux divers. De tels sables bituminisés ont été secondairement transformés en grès calcédonieux, notamment au Nord du Manambolo, vers Andranoboko. Dans cette dernière localité, comme à Bemo Langa, on trouve vers la base de l'ensemble bituminisé une assise peu épaisse de marnes sulfo-gypseuses.

Mais c'est seulement au Nord-Ouest du massif cristallin, à la hauteur de Kandreho, que les gypses jouent un rôle important dans les affleurements de Trias. La colline de l'Ankarakeny, au-dessus d'Antanandava, nous a présenté la coupe ci-après, de haut en bas :

7. Alternances de calcaires blancs en dalles à radioles d'Échinides et de marnes noires (Oolithique inférieur).

6. Marnes noires et calcaires grumeleux rouges ou jaunes à *Bouleiceras* (Lias supérieur).

5. Grès triasiques, localement enlevés par l'érosion antéliasique.

4. Gypse avec argiles bariolées, cargneules, bois silicifiés, lignite (30^m à 50^m).

3. Lumachelle à Huîtres formant abrupt et passant insensiblement par alternances et lentilles à des plaquettes gréseuses à *Myophoria vulgaris*, *Mytillus psilonoti* (10^m à 15^m).

2. Gypse, argiles bariolées (100^m).

1. Masse principale des grès triasiques.

Les argiles 4 passent, en amont d'Ampasiry et au-dessous de la nouvelle route de Kandreho à Ambalabao, à des schistes noirs à lignite avec soufre; les plaquettes schisteuses y présentent de nombreuses empreintes de petits Lamellibranches ressemblant à des Cyrènes. Dans la même localité, les argiles 2 renferment également du lignite en bancs de 30^{cm} d'épaisseur.

La présence de deux assises de gypse dans le Trias a déterminé sur les flancs des collines au Nord de Kandreho des affaissements plus ou moins étendus. Il est d'ailleurs à peu près certain que le gypse ou l'anhydrite se retrouve un peu partout à des hauteurs variables dans la série triasique. Si cette roche ne paraît pas avoir été distinguée par les sondeurs anglais, du moins sa présence dans le substratum de la région des plateaux sakalaves, notamment au Nord du Manambolo, semble-t-elle clairement indiquée, par la fréquence à la surface du sol, de dolines, dont la forme circulaire se retrouve souvent jusque dans les mares qui en occupent la partie centrale, mares près desquelles sont généralement installés les villages de pasteurs.

GÉOLOGIE SOUS-MARINE. — *Sur la nature géologique du Banc des Esquerquis (d'après les dragages du « Pourquoi-Pas? » effectués au mois de juin 1923 en Méditerranée occidentale).* Note de MM. **L. Dangeard** et **M. Solignac**, présentée par M. Pierre Termier.

Le Banc des Esquerquis est situé au large des côtes tunisiennes, à 45 milles environ du cap Bon [1]; il s'étend, du N. 60° E. au S. 60° O., sur une longueur de 34 milles, à une profondeur de 40 à 70^{m}, prolongeant ainsi vers la côte occidentale de Sicile les hauts fonds qui entourent le cap Blanc, le cap Zebib et les îles Cani; il est divisé en plusieurs plates-formes sous-marines dont la plus éloignée de Tunisie porte une tête de roche presque à fleur d'eau, l'écueil Keith.

La constitution géologique a pu être étudiée par dragage, durant la dernière croisière du « Pourquoi-Pas » sous la direction de M. le docteur J.-B. Charcot.

Les résultats suivants ont été obtenus sur l'écueil Keith et à 1 mille au Sud-Ouest de ce point.

1° L'écueil Keith est étudié en embarcation : on trouve une tête de roche

(1) *Carte 4314 du Service hydrographique de la Marine (Méditerranée :* Côtes de Tunisie).

à $0^m,30$ sous l'eau, mais la houle, pourtant faible, empêche d'en détacher un fragment. Le plateau qui l'environne est recouvert de 5^m à 10^m d'eau; on aperçoit sa surface très blanche, découpée de cassures, couverte d'Algues et d'Oursins, parsemée d'épaves. L'emploi d'une petite drague ronde permet d'arracher quelques échantillons de calcaire blanchâtre.

2° Sud-Ouest de l'écueil. La profondeur est d'environ 35^m, la transparence de l'eau permet d'apercevoir le fond. La « drague géologique » travaille très rudement sur une surface rocheuse recouverte d'un chevelu d'Algues; elle recueille une centaine de fragments d'une marne schisteuse noirâtre, un peu micacée, souvent brune en surface et quelques échantillons de grès en plaquettes.

Après expulsion du carbonate de chaux, la marne schisteuse se résout en une poudre argileuse d'un gris verdâtre. Des tamisages sériés de cette poudre ont séparé des grains d'argile grise, dont le diamètre est compris entre $1^{mm},2$ et $0^{mm},18$ et une poudre argileuse qui franchit le tamis de 4900 mailles et qui constitue les 63 pour 100 du résidu obtenu après traitement de la roche par l'acide. L'ensemble de l'argile pulvérulente ou granuleuse constitue la presque totalité de la roche. L'élément le plus abondant, après l'argile, est la glauconie qui se présente en grains lobés; puis vient le quartz. Celui-ci se montre soit en éclats esquilleux ou en grains hyalins, offrant des teintes de polarisation disposées en zones arrondies, concentriques, soit en grains vitreux sur lesquels adhèrent des revêtements rougeâtres d'oxyde de fer ou verdâtres de glauconie; beaucoup de ces quartz constituent les noyaux des grains d'argile et sont très riches en inclusions. Les grains de pyrite de fer sont très nombreux; beaucoup sont cristallisés suivant la forme $a^1\frac{1}{2}b^2$ ou sont disposés en agrégats.

Les feldspaths sont très rares : on trouve seulement quelques cristaux d'orthose présentant un indice de réfraction médian égal à 1,5228. Enfin quelques paillettes de mica blanc se trouvent surtout parmi les grains dont le diamètre est inférieur à $0^{mm},3$.

Ces caractères pétrographiques sont rigoureusement identiques à ceux que l'on observe sur des échantillons analysés provenant des couches éocènes de la région de Bizerte (Dj. Labiod, Dj. Chaouaf, Ben Negro, etc.) et de Kroumirie (Pointe Gallina, Aïn Seba). La marne schisteuse des Esquerquis se rapproche encore des marnes schisteuses éocènes de la même région par sa teneur en phosphate de chaux qui, pour toutes ces roches, ne dépasse jamais le chiffre caractéristique de 0,1 pour 100 (Esquerquis 0,113 d'après l'analyse effectuée par le laboratoire du Ser-

vice des Mines de Tunis) et par la présence, dans les plans de schistosité, de traces de fucoïdes (chondrites) qui forment des traînées charbonneuses.

Les marnes à fucoïdes ont été classées par F. Aubert ([1]) à la base de l'Éocène supérieur; elles se placent, en réalité, vers le sommet de la formation des calcaires à silex dans lesquels elles sont intercalées et ces calcaires passent, latéralement, dans la région de Mateur et de Béja, à des calcaires à *Nummulites Gizehensis* et *Nummulites irregularis* qui permettent de leur assigner un âge lutétien.

Les roches recueillies sur les Esquerquis sont d'âge éocène; elles sont d'ailleurs sur le prolongement de l'anticlinal Djebel Touila-Ras Zebib, composé de formations appartenant à l'Éocène inférieur et à l'Éocène moyen (et non au Sénonien comme on l'a cru jusqu'à ce jour).

Cette étude de géologie sous-marine montre donc que le banc des Esquerquis est constitué par des roches sédimentaires, tandis que certains bancs voisins (Graham ou Julia) sont d'origine volcanique et qu'il jalonne le prolongement des couches éocènes de Tunisie : il appartient vraisemblablement au flanc Sud de la cuvette synclinale dont l'invasion par la mer a donné naissance au goulet actuel de Bizerte.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur un essai de sondage optique de l'atmosphère effectué à l'Observatoire de Lyon.* Note de Mlle **Eugénie Bellemin**, présentée par M. B. Baillaud.

Le déplacement et les déformations des courants aériens élevés présentent un sérieux intérêt au point de vue de la connaissance du temps, mais leur observation se heurte à des difficultés pratiques, les sondages restant limités en altitude par la direction et la vitesse des vents inférieurs.

Un sondage optique simple, reposant sur l'observation des stries et de la scintillation, peut fournir sur les courants élevés des renseignements concernant : leur altitude, leur direction, leur vitesse. Utilisant les remarques faites par M. Galissot ([2]), je me suis adressée à la scintillation chromatique. Observant à l'aide d'une jumelle achromatique, d'après la méthode

([1]) F. Aubert, *Sur l'Éocène Tunisien* (*Bull. Soc. géol. de France*, 3e série, t. 19, 1891, p. 491), et *Explication de la Carte géologique provisoire de la Tunisie*, Paris, 1892, p. 48.

([2]) Ch. Gallissot, *La photométrie du point lumineux* (*Thèse de Doctorat*, Chap. V, p. 152 à 165).

de Nicholson, j'ai noté la hauteur variable H, au-dessus de l'horizon, à laquelle la scintillation des étoiles cesse d'être accompagnée de changements de coloration. Cette hauteur H, dépendant essentiellement de l'altitude des accidents optiques, renseigne sur les déplacements des courants aériens. Trois années d'observations m'ont permis de mettre en évidence la dépendance certaine liant H aux variations du temps [1].

Variations de H *et leurs relations avec celles du temps.* — La voûte céleste a été divisée en quatre zones : zone I (0° à 24° au-dessus de l'horizon), zone II (24° à 34°), zone III (34° à 44°), zone IV (44° à 64°).

1° Les variations de H précèdent celles du temps de plusieurs jours, sauf parfois en cas d'orages ou de périodes orageuses.

2° Au cours des périodes de pluies intermittentes H se maintient en général zones III et IV. Aucun indice net ne laisse prévoir l'arrivée du beau temps.

3° Dès le début d'une période de beau fixe, H se stabilise et conserve une valeur qui oscille peu de la zone I à la limite inférieure de la zone II.

4° H étant stationnaire, zone I ou zone II passe brusquement dans une des zones III ou IV. Zone III : Annonce de pluie qui ne commence en général que 4 ou 5 jours plus tard. Zone IV : Annonce d'orage ou de période orageuse commençant en général le lendemain de l'observation.

5° Au cours des périodes orageuses H oscille d'une zone inférieure à une zone élevée, sans transition; l'oscillation se fait surtout entre les zones I et IV.

6° Les périodes variables sont caractérisées par le passage de H d'une zone à l'autre, l'oscillation portant sur les quatre zones.

Tenant compte du temps des 24 heures ayant précédé et celui des 24 heures ayant suivi l'observation, j'ai pu interpréter les renseignements fournis par les nombreuses observations isolées et obtenir des pourcentages significatifs. Ainsi les chances de beau, de pluie et de variable se répartissent comme suit :

---

(1) J'ai également noté l'estimation au jugé de l'amplitude de la scintillation ainsi que l'apparence du trait lumineux obtenu en transformant l'image de l'étoile donnée par la jumelle en un petit cercle lumineux (régulier, diffus, frangé, perlé) comme le préconise de Montigny (Académie royale de Belgique. *Mémoires des savants étrangers*, t. 18, 1856, p. 14). Je n'ai pas pu vérifier les résultats obtenus par de Montigny, ni tirer de ces renseignements d'indications nettes sur le temps futur.

H étant observé.	Pluie et variable pour 100.	Beau pour 100.
Zone I	75	25
Zone II	80	20
Zone III	94	6
Zone IV	100	0

Dans chaque zone ces chances ne sont significatives que si l'observation est encadrée par une variation déterminée du temps. Zone II, par exemple, une observation précédée de pluie signifie :

— Si elle est suivie dans les 24 heures de ciel couvert : 0 pour 100 chances de beau.

— Si elle est suivie dans les 24 heures de beau : 39 pour 100 chances de beau.

Des remarques analogues s'appliquent aux chances de pluie et de temps variable dans chaque zone.

J'ai été conduite à envisager l'utilisation de ces résultats en vue d'une prévision offrant ce caractère particulièrement intéressant de porter sur une période d'une certaine durée (les *n* jours qui suivent l'observation). Limitant la valeur de *n* à 10 jours j'ai pu obtenir : 80 pour 100 de prévisions fixant la nature de la période (en entendant par nature les proportions relatives de jours beaux, de jours couverts, de jours de pluie); 70 pour 100 de prévisions fixant exactement la valeur de ces nombres. En outre, dans la plupart des cas, la période de 10 jours apparaît trop courte et semble pouvoir être portée utilement à 15 et même 20 jours.

Conclusions. — Les résultats obtenus paraissent justifier la nécessité de demander au sondage optique la totalité des renseignements qu'il peut fournir. Il présente sur les sondages ordinaires l'avantage de la simplicité et de la rapidité; de plus l'expérience a montré, fait qui mérite de retenir l'attention, que le phénomène de la scintillation sur lequel il repose permet de déceler les hétérogénéités dans les couches élevées de l'atmosphère, bien avant qu'elles aient abouti à la condensation ; d'où l'intérêt que présente ce sondage au point de vue d'uue prévision à longue échéance.

Son emploi dans une méthode de prévision comprise à la manière de MM. Dunoyer et Reboul [1] paraît devoir augmenter dans de notables proportions les coefficients de certitude d'une prévision. La connaissance

---

[1] L. Dunoyer et G. Reboul, *Le problème de la prévision du temps* (*Journal de Physique*, mai 1921, p. 129).

de la valeur de H se présente comme un complément susceptible de lever les doutes dans le cas où les autres données sont insuffisamment affirmatives ou contradictoires. Dans certains cas elle apporte à elle seule l'assurance de pluie ou de beau, c'est-à-dire la quasi-certitude.

HYDROLOGIE. — *Composition chimique de trois sources radioactives d'Algérie.* Note de MM. I. **Pouget** et D. **Chouchak**, présentée par M. Charles Moureu.

Ces trois sources émergent du massif gneisique de Fort National et de Michelet, au voisinage de filons de pegmatite et de granulite. Toutes les trois sont captées et se trouvent sur la route d'Alger à Michelet : la source des Chasseurs à 1^{km} avant l'arrivée à Fort National ; la source ferrugineuse d'Icherridène, au-dessous du village de ce nom, à $7^{km},5$ de Fort National ; la source d'Alma T'zoumoulal est un peu plus loin, à 10^{km} de Fort National.

Leur composition chimique est la suivante :

	Source des Chasseurs.	Source d'Icherridène.	Source Alma N'tzoumoulal.
Température	17°,5	17°,0	17°,0
Débit par minute	$2^{l},0$	$2^{l},61$	$2^{l},4$
Radioactivité en millimicrocuries	2,48	2,61	5,3
Résistivité à 18°	5600	5625	8980
Résidu sec à 180°	$0^{g},1602$	$0^{g},1700$	$0^{g},932$
Alcalinité totale en HCl N/1	$0^{cm^3},84$	$1^{cm^3},8$	$6^{cm^3},80$
Alcalinité permanente	»	$0^{cm^3},9$	»
Na	0,0280	0,0209	0,0141
K	0,0021	0,0038	0,0020
NH	Néant	Traces	Néant
Ca	0,0098	0,0146	0,0105
Mg	0,0045	0,0063	0,0030
Al et Fe (en oxydes)	0,0004		0,0002
Fe''	»	0,0086	»
Fe'''	»	0,0032	»
Fe total	»	0,0118	»
Al	»	0,0018	»

	Source des Chasseurs.	Source d'Icherridène.	Source Alma N'tzoumoulal
Cl	0,0170	0,0237	0,0106
SO^4	0,0338	0,0181	0,0166
NO^3	Néant	Néant	Néant
NO^2	»	»	»
SiO^2	0,0386	0,0323	0,0119
As (en grammes)	$10,8.10^{-6}$	$18,7.10^{-6}$	$7,5.10^{-6}$
CO^3 des bicarbonates (1)	8,0500	0,0620	0,0480
CO^2 libre	0,0390	0,1360	0,0490

La source d'Icherridène est certainement celle qui est désignée par le Service des Mines, dans sa Notice sur les eaux thermales et minérales d'Algérie, ainsi que par M. Hanriot dans son ouvrage sur les Eaux minérales d'Algérie, sous le nom de Aïn Souk el Arba. Elle n'est plus connue sous ce nom dans la région.

Par suite de sa faible minéralisation, elle constitue, comme l'indique M. Hanriot, une eau de table parfaite; il ajoute : « comme l'eau d'Évian, et peut-être mieux qu'elle, elle conviendrait parfaitement aux arthritiques, goutteux, graveleux, et ferait partie de leur traitement ».

Le débit de cette source est faible, il était autrefois beaucoup plus abondant, il pourrait être augmenté si le captage, qui est défectueux (présence d'ammoniaque), était refait. Le fer qu'elle contient en dissolution précipite rapidement au contact de l'air; ce n'est qu'avec des précautions spéciales, au moment de l'embouteillage, qu'on pourrait le maintenir en solution.

Les remarques faites par M. Hanriot pour la source d'Icherridène s'appliquent aussi aux deux autres sources, et particulièrement à celle d'Alma T'zoumoulal, qui se place, par la faiblesse de sa minéralisation (93^{mg} par litre), à côté des eaux les moins minéralisées de France (Bagnoles de l'Orne, 71^{mg}). Grâce à sa radioactivité assez forte, embouteillée dans des bouteilles complètement remplies, et employée peu de temps après, elle pourrait être utilisée pour des cures radioactives.

---

(1) En présence d'acide carbonique libre, il ne peut exister dans ces eaux, comme d'ailleurs dans presque toutes les eaux naturelles, que des bicarbonates et pas de carbonates neutres, et la silice y est libre.

HYDROGRAPHIE. — *Contribution à l'étude du régime thermique du lac du Bourget* (*Savoie*). Note (1) de M. **J. Pelosse**, transmise par M. Ch. Depéret.

L'étude complète du régime thermique d'un lac nécessite un grand nombre d'observations échelonnées sur de nombreuses années; aussi, la présente étude sur le régime thermique moyen annuel du lac du Bourget n'est que le résultat partiel de recherches qui devraient se prolonger longtemps encore. Elle a été entreprise au cours de travaux commencés depuis plusieurs années sur le plankton et la faune du lac, et dans le but seulement de se rendre compte d'une des conditions du milieu biologique; elle complète les recherches partielles que Delebecque a effectuées dans ce même lac.

Les prises mensuelles de température ont été faites assez régulièrement, la plupart en face du Petit-Port d'Aix-les-Bains et vers le millieu du lac, quelques-unes entre Saint-Innocent et Hautecombe au-dessus des plus grands fonds. Je me suis servi du thermomètre à renversement de Négretti et Zambra, permettant de lire la température au $\frac{1}{5}$ de degré, et dont l'usage m'a donné toute satisfaction.

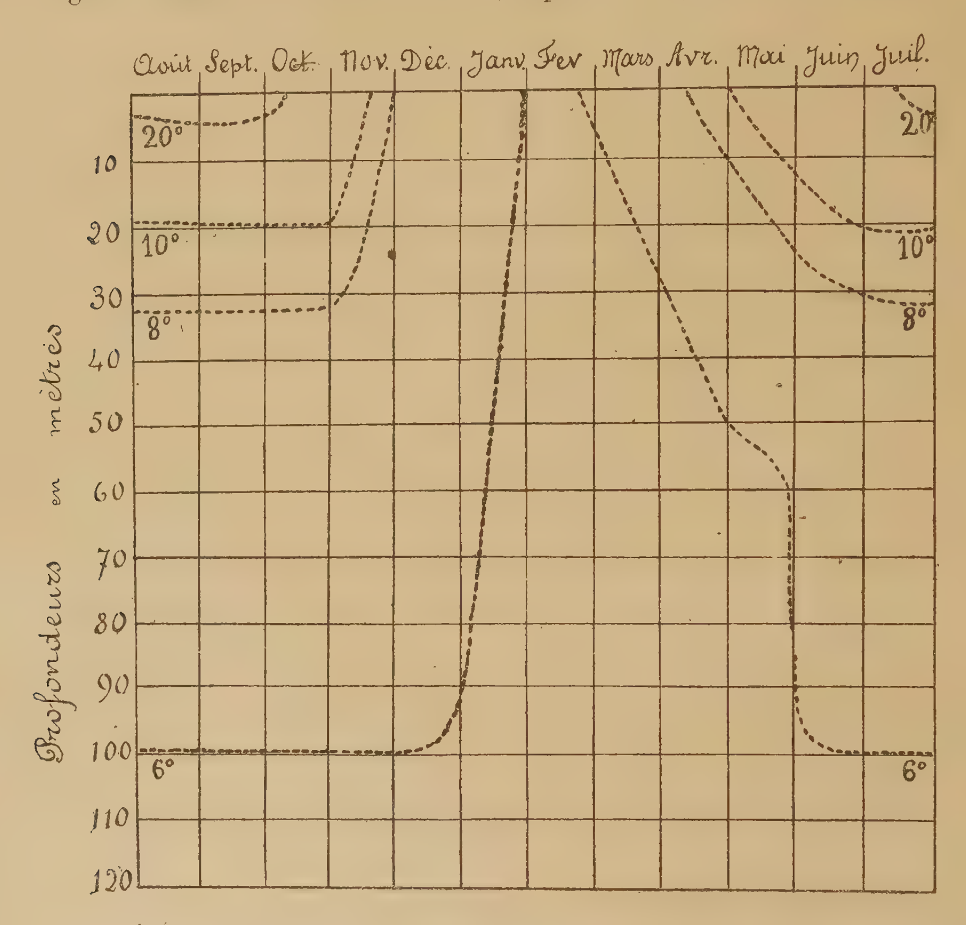
Le graphique ci-après correspond toujours à une moyenne des relevés mensuels des températures pendant deux années consécutives (1921 à 1923), et pendant trois années pour certains mois. Il ne doit être considéré que comme un ensemble où ne sont pas enregistrées les faibles variations de température existant pour des temps ou des lieux rapprochés. Ce graphique ne saurait indiquer par suite, la constatation déjà signalée (2), que la partie nord du lac, pour des causes encore imparfaitement élucidées, jouit d'une température un peu supérieure à celle de la partie sud.

L'examen de cet ensemble montre une fois de plus qu'il faut des observations exécutées pendant longtemps pour juger du régime thermique d'un lac. Les quelques prises de température exécutées par Delebecque font nettement classer le lac du Bourget dans la catégorie des lacs tempérés de F.-A. Forel (dont la température peut être inférieure à 4°), tandis que par le régime de ces deux années passées, il aurait dû être classé dans la catégorie des lacs tropicaux (dont la température est toujours supérieure ou au

(1) Séance du 3 décembre 1923.

(2) Delebecque, *Les lacs français*.

moins égale à 4°). Durant ces deux années, les variations de température vers 80^m n'ont été que d'un demi-degré; à cette profondeur, la température n'est guère descendue au-dessous de 5°,6, pour faire place à 5°,2 à 140^m.



Il semble que les variations thermiques pendant ces deux ans se sont manifestées jusqu'à 130^m seulement. L'isotherme de 6° étant remonté à la fin de janvier d'environ 100^m de profondeur jusqu'à la surface ces deux derniers hivers, c'est à cette époque que l'uniformisation thermique des eaux est la plus grande, et il est vraisemblable qu'il en est toujours ainsi. On peut dire que les courbes de stratification thermique du lac du Bourget aux différentes saisons ont la même allure que celles que Forel a construites pour le Léman.

La présence des sources chaudes d'Aix ne paraît avoir aucune influence pratiquement appréciable sur la température du lac, quelle que soit la

saison. Cela s'explique très facilement, du reste, malgré la température élevée de certaines sources : ces sources ont un débit trop faible par rapport à la masse du lac, et leurs eaux ont le temps de se refroidir fortement avant de s'y déverser par l'égout collecteur d'Aix; déjà à la sortie de l'établissement thermal, l'eau n'a plus que 35°.

Si l'on compare le lac du Bourget avec d'autres lacs de la région et d'altitude à peu près égale, comme celui d'Annecy, et à plus forte raison ceux d'Aiguebelette et de Paladru, on constate que sa profondeur moyenne est beaucoup plus grande, et que la masse de ses eaux est sensiblement plus froide. Le peu de fonds herbeux du lac du Bourget par rapport à son grand volume, joint à cette température relativement basse, sont assurément l'une des causes qui expliquent la pauvreté relative de la faune du lac, du moins si l'on considère le nombre des individus et non celui des espèces, fait que les recherches que je continue à effectuer m'ont permis de constater.

ACTINOMÉTRIE. — *Sur un actinomètre thermo-électrique enregistreur.* Note de M. **Henry**, présentée par M. Bigourdan.

Cet appareil est basé sur les mêmes principes que l'actinomètre d'Arago, où le degré actinométrique est donné par la différence de température de deux petites sphères en verre qui sont les réservoirs de deux thermomètres. L'une des sphères est noire, l'autre brillante, et le tout est placé dans le vide.

Le nouvel instrument donne également la différence de température entre deux sphères noire et brillante placées dans le vide, mais il est caractérisé par les trois points suivants :

1° Les deux sphères sont placées dans le même tube protecteur et vide.

2° La différence de température est mesurée au moyen d'un couple thermo-électrique, ce qui permet la transmission et l'enregistrement à distance des indications de l'instrument.

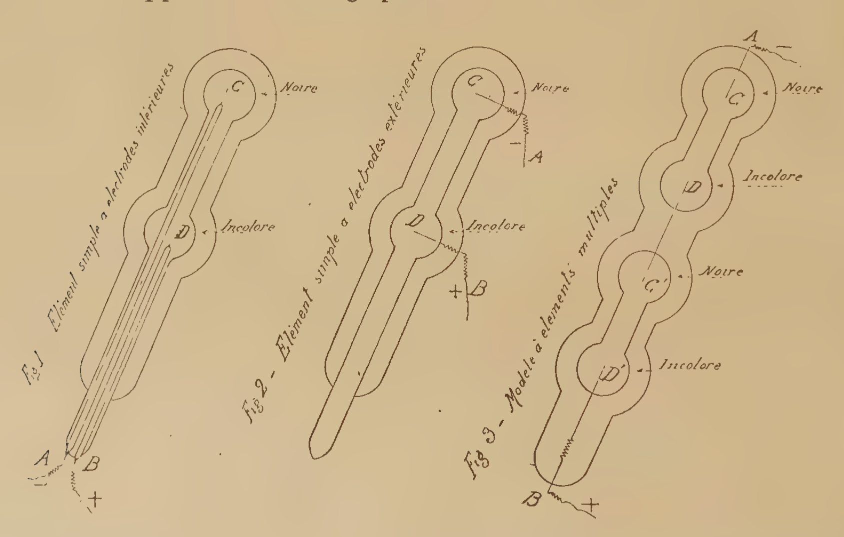
3° La puissance du couple utilisé est beaucoup plus grande que celle des couples employés dans les appareils similaires. Le courant engendré est assez fort pour être enregistré au moyen d'un galvanomètre de laboratoire.

Couple thermo-électrique employé. — Ce couple est formé de tellure et de nickel, ce dernier sous forme de fil; mais le tellure, en raison de sa fragilité, est coulé dans des tubes en verre peu fusible. La force électromotrice obtenue varie, suivant la provenance du tellure, de 520 à 330 microvolts

par degré centigrade ; elle est donc dix à quinze fois plus grande que celle des couples généralement employés.

Construction des éléments actino-électriques. — Les figures 1, 2 et 3 montrent quelques modèles qui ont été réalisés. Deux petites sphères en verre, l'une noircie, l'autre brillante, sont réunies par un tube de verre, qui peut être prolongé pour être utilisé comme support. Deux électrodes en nickel pénètrent dans les sphères comme il est indiqué plus loin ; puis le tube est rempli de tellure fondu et le tout est placé dans une enveloppe transparente où l'on fait le vide. Dans le modèle n° 1, les électrodes de nickel pénètrent au centre des sphères par le prolongement du tube central ; elles sont isolées par des tubes en verre très fins. Dans le modèle n° 2, ces électrodes traversent les parois en verre où elles sont soudées. Dans la figure n° 3, on a réuni plusieurs éléments en tension pour augmenter la force électromotrice en cas de besoin.

L'axe de ces appareils est dirigé parallèlement à celui de la Terre.



Voici, à titre d'indication, quelques données sur les éléments déjà réalisés :

Poids d'un élément seul, 3^G à 11^G. Poids de l'enveloppe, 5^G à 7^G.
Résistance électrique, 6 à 12 ohms. Force électromotrice, 330 à 500 microvolts.

Applications. — Grâce à sa simplicité, à son inaltérabilité et à son faible volume, grâce aussi à l'absence de tout mouvement mécanique, cet instrument, à enveloppe entièrement en verre, se prête aux recherches les plus variées. Il peut être plongé dans les milieux les plus divers, liquides

ou gazeux, par exemple au fond de la mer ou d'un lac. Il peut être abandonné au loin, à toutes les intempéries, en des endroits presque inaccessibles, au sommet d'une montagne par exemple. Un certain nombre de ces éléments, placés dans des enveloppes de couleurs variées, permettront des recherches intéressantes physiques, biologiques, etc.

Graphique donnant la marche d'un actinomètre thermo-électrique, le 3 décembre 1923, au lever puis au coucher du soleil, par ciel couvert.

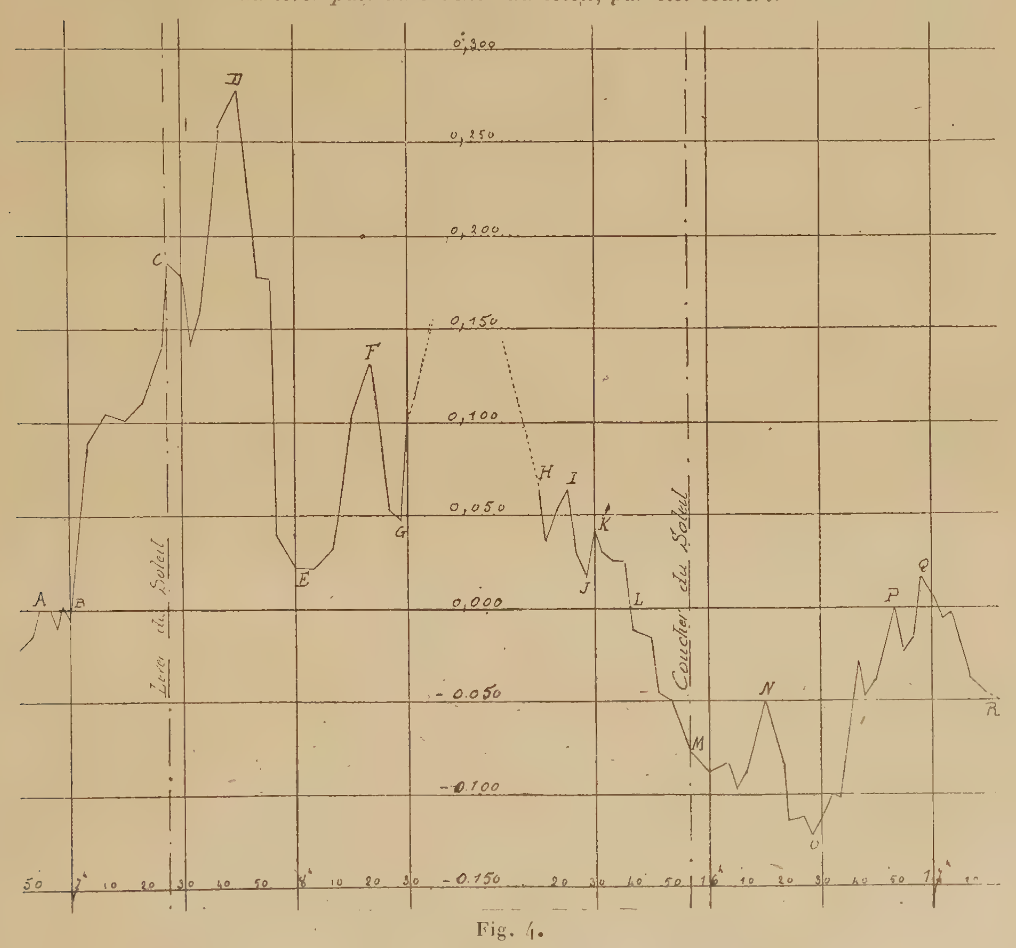


Fig. 4.

Quelques résultats. — Malgré la saison défavorable, il a été possible de se rendre compte de ce que donnerait cet instrument, au grand soleil. Ainsi par exemple, le 19 novembre, vers midi, par un ciel vaporeux, un de ces éléments, dont l'enveloppe contenait de l'air, placé à l'abri du rayonnement du ciel, a donné une force électromotrice de 2850 microvolts. Le galvano-

mètre, à enregistrement mécanique, a donné une déviation de 33 divisions (divisions très larges) sur un total de 42 divisions, soit près de 80 pour 100 de la déviation totale. Par un beau soleil d'été, la sensibilité du galvanomètre serait trop grande et devrait être réduite.

Des résultats plus intéressants, ont été obtenus par ciel couvert.

Le graphique ci-dessus donne un exemple de la marche d'un galvanomètre sensible, au lever, puis au coucher du soleil (la déviation de ce galvanomètre est de 2 divisions par microvolt, soit 1 division par millième de degré; ce sont les différences de température ainsi évaluées qui ont été portées en ordonnées). Ce diagramme montre que le rayonnement nocturne ou négatif a cessé, entre A et B, pour devenir positif 25 minutes avant le lever du soleil. Inversement, le rayonnement négatif a commencé en L, bien avant le coucher du soleil, et, chose curieuse, est redevenu positif en Q, plus de 1 heure après le coucher. Ce même phénomène a été observé encore plusieurs heures après le coucher (22^h).

PHYSIOLOGIE. — *Sur le mécanisme de l'hémolyse par le venin de Scolopendre.* Note de M. **Robert Lévy**, présentée par M. F. Mesnil.

J'ai précédemment (¹) constaté l'existence de propriétés hémolytiques dans le venin de deux Myriapodes Chilopodes : *Scolopendra cingulata* Latr. et *Cryptops anomalans* Newpt. Ces deux espèces, qui appartiennent au groupe des Scolopendrides (*sensu lato* = *Scolopendromorpha* de Verhoeff), s'opposent d'ailleurs par cette particularité à trois autres espèces de Chilopodes étudiées et chez qui il a été impossible de déceler une hémolysine. L'hémolyse directe par ces venins donne des résultats irréguliers, voire nuls, mais par contre on en obtient de tout à fait réguliers par l'adjonction de vitellus de Poule. Fait important : l'activité d'un mélange de venin et de vitellus croît avec la durée du contact. Après un temps suffisant, on arrive à avoir, dans les conditions habituelles d'expérimentation (²), une hémolyse en 5 minutes avec des fractions de mélange correspondant à des doses vraiment infinitésimales de venin de Scolopendre, par exemple à quelques dix-millièmes du venin d'une Scolopendre moyenne (en entendant par

(¹) *Bul. Soc. Zool. de France*, t. 48, 1923, p. 294.

(²) C'est-à-dire en faisant agir le prélèvement d'essai, amené à 1^{cm^3} par de l'eau salée physiologique, sur 1^{cm^3} d'une émulsion d'hématies à 5 pour 100.

« venin d'une Scolopendre » la macération des forcipules broyées d'un individu).

Ces faits sont tout à fait analogues à ceux que C. Delezenne et M[lle] S. Ledebt (¹) avaient constaté pour le venin de Cobra et qui les avaient conduits à démontrer que le venin de Cobra produit par catalyse, aux dépens des phosphatides du vitellus, une substance très fortement hémolytique, la « lysocithine », insoluble et cristallisable, caractérisée depuis par C. Delezenne et E. Fourneau (²) comme l'anhydride de l'éther monopalmitophosphoglycérique de la choline, dérivant de la lécithine par élimination des acides gras non saturés.

Il importait de voir jusqu'à quel point l'action du venin de Scolopendre est comparable à celle du venin de Cobra. C'est ce que j'ai tenté par deux voies :

1° En recherchant si la marche du phénomème de catalyse est la même dans les deux cas;

2° En essayant d'extraire l'hémolysine produite par le venin de Scolopendre au moyen de la technique employée pour la lysocithine.

1° *Marche du phénomène de catalyse.* — Lorsque, à une même quantité de vitellus, on ajoute des doses variables de venin de Scolopendre, on arrive toujours, après des durées de contact suffisamment longues, à peu près au même résultat : l'activité hémolytique du mélange atteint un maximum qui est toujours du même ordre de grandeur.

Si l'on détermine la dose hémolytique minima (pour hémolyse complète en 5 minutes) du mélange parvenu à son maximum d'activité, on la trouve toujours, avec des hématies de cheval, égale à 3, 4 ou 5 millièmes de centimètre cube (³).

Tous ces résultats sont absolument conformes à ceux obtenus avec le venin de Cobra. Les doses limites sont, dans les deux cas, du même ordre de grandeur minime qui exclut évidemment l'hypothèse d'une action lipasique banale.

2° *Extraction de l'hémolysine.* — Elle a été exactement calquée sur celle

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 152, 1911, p. 790; t. 153, 1911, p. 81; t. 155, 1912, p. 1101. — Voir aussi *Thèse* de M[lle] S. Ledebt (Faculté des Sciences, Paris, 1914).

(²) *Bull. Soc. chim. de France*, 4[e] série, t. 15, 1914, p. 421-434.

(³) Ces doses correspondent à des quantités de venin qui peuvent descendre jusqu'à 3 dix-millièmes du venin d'une Scolopendre moyenne, ce qui écarte la possibilité d'une action directe du venin seul.

de la lysocithine, sous la direction et avec le concours obligeant de M. C. Delezenne.

Le venin de 7 Scolopendres est ajouté à 100^{cm^3} de vitellus (2 jaunes d'œuf étendus avec de l'eau salée physiologique) et le mélange est laissé 3 jours à l'étuve à 44°. La préparation est faite naturellement dans les meilleures conditions d'asepsie.

Le liquide est desséché dans le vide, la poudre obtenue épuisée par l'acétone à froid, séchée à nouveau puis épuisée par l'alcool absolu à la température ordinaire. L'addition de plusieurs volumes d'éther anhydre à la solution alcoolique filtrée détermine la formation d'un précipité qui, lavé à l'éther et desséché, se présente sous la forme d'une masse blanche très fortement hygroscopique. Les deux jaunes d'œuf ont donné 850^{mg} de substance.

Cette substance brute extraite possède un pouvoir hémolytique considérable : avec les hématies de cheval, la dose hémolytique limite est $0^{mg},03$, très voisine de celle de la lysocithine brute, non purifiée par recristallisations.

Au cours des opérations, nous avons pu constater diverses particularités : aspect final du mélange, modification de sa coagulabilité par la chaleur, rendement pondéral en hémolysine, marche de l'hémolyse, qui sont tout à fait analogues à celles que l'on observe lors de la préparation de la lysocithine (1).

Les quantités de venin dont je disposais ne m'ont point permis d'agir sur des masses plus grandes de vitellus, de façon à pouvoir purifier et analyser l'hémolysine. Je ne puis donc savoir pour le moment si sa constitution est ou non en tous points identique à celle de la lysocithine isolée par C. Delezenne et E. Fourneau. Mes essais me permettent néanmoins de formuler les conclusions suivantes :

Conclusions. — L'action hémolytique du venin de Scolopendre en présence de vitellus de Poule doit être rapportée à la formation, aux dépens du vitellus, d'une substance directement hémolytique produite par action catalytique du venin. Cette action catalytique est en tous points comparable à celle du venin de Cobra : la marche du phénomène est la même dans les deux cas.

L'hémolysine formée peut être isolée par les procédés d'extraction utilisés pour la lysocythine; elle possède une activité sensiblement égale à celle de la lysocithine au même degré de purification.

---

(1) Toutefois le produit obtenu a paru se différencier de la lysocithine brute par une consistance plus grasse et un aspect moins pulvérulent.

EMBRYOLOGIE. — *Le cerveau et la rétine des anencéphales.* Note de M. **Étienne Rabaud**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

S'appuyant sur l'étude d'un fœtus anencéphale, M. N.-A. Barbieri (¹) révoque en doute les faits relatifs à l'origine embryologique de la rétine : l'absence de cerveau et de nerf optique, s'opposant à la présence de la rétine, conduirait à admettre l'indépendance originelle de ces deux parties,

Les conclusions de M. Barbieri dépassent, et de beaucoup, les faits qu'il utilise. Les données embryologiques sont incontestables et la conception actuelle est solidement établie. La constitution des anencéphales ne la contredit nullement, il suffit de savoir à quoi correspond exactement l'état des centres nerveux chez ces fœtus.

La plupart d'entre eux sont entièrement dépourvus d'encéphale; à sa place, existe une masse de tissu vasculo-conjonctif tout à fait banal. Souvent aussi la moelle est remplacée par un tissu analogue. Mais cet état n'est pas primitif, il résulte de la destruction secondaire d'un névraxe préexistant.

On s'en assure, sans aucune discussion possible, en étudiant des fœtus anencéphales encore pourvus de moelle. Des coupes sériées, pratiquées en remontant à partir du *filum terminale*, montrent la propagation d'une inflammation méningée envahissant progressivement l'axe célébro-spinal, à partir de l'encéphale.

Tout à fait en bas, la moelle est intacte; la pie-mère épaissie renferme des vaisseaux nombreux, dilatés, gorgés de globules rouges et de leucocytes; la gaine conjonctive des tissus nerveux est épaissie. A mesure que l'on remonte vers l'encéphale, on voit augmenter l'épaississement de la pie-mère; on voit les vaisseaux se multiplier et tendre à former une gaine continue autour de la moelle. En même temps, la prolifération vasculaire tend à gagner vers le dehors. Plus haut, au niveau de la région dorsale, l'envahissement vasculaire gagne aussi vers la moelle, tandis que les vaisseaux intra-médullaires se multiplient. Les vaisseaux méningés qui pénètrent dans la moelle sont accompagnés de tissu conjonctif embryonnaire. En outre, des hémorragies intra-médullaires se produisent, formant des foyers multiples, et d'autant plus nombreux que le processus inflammatoire est plus accusé. Finalement, le tissu nerveux se trouve complètement

(¹) *Comptes rendus*, t. 177, 1923, p. 1155.

étouffé et détruit, à la fois par la prolifération vasculo-conjonctive et par l'épanchement sanguin.

L'ensemble de ces faits anatomiques caractérise une méningite dont l'évolution se prolonge très au delà du terme habituel. Vivant en parasite sur l'organisme maternel, le fœtus résiste longtemps, en effet, à l'inflammation, de sorte que celle-ci passe des enveloppes au tissu nerveux lui-même et le détruit. Exceptionnellement, des vestiges de tissu cérébral subsistent au milieu du tissu de remplacement.

Partant du cerveau, entre le troisième et le sixième mois de la vie intra-utérine, l'inflammation s'étend aussi bien vers la moelle que vers les yeux. C'est elle dont M. Barbieri a vu les traces sur les nerfs optiques réduits à des « tubes » de fibres. La rétine elle-même n'est pas nécessairement indemne. Par contre, et d'une façon presque constante, le système sympathique demeure intact, si bien que l'on a pu observer des réactions de l'iris à la lumière.

Tous ces faits sont actuellement bien connus et relatés, notamment, dans un Mémoire publié en 1905 par la *Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière* [1]. Il ne s'agit nullement d'un « arrêt de développement », ni d'une agénésie, ni d'une variation quelconque de l'ontogénèse, et l'on ne peut tirer de l'anencéphalie aucune indication touchant l'origine des parties du système nerveux.

ÉTHOLOGIE. — *Sur une perle fine aurifère.* Note de M. **Raphaël Dubois**, présentée par M. Henneguy.

Dans les cours d'eau du Plateau Central, particulièrement dans ceux de la Margeride, on trouve assez communément encore des « Mulettes », ou Moules d'eaux douces perlières [2].

Les eaux où vivent ces Mollusques sont froides, vives, mais les Mulettes se réunissent de préférence dans des poches où le courant est moins violent et qui sont remplies de sable provenant de l'érosion de roches anciennes.

Dans les endroits les plus favorisés, on peut trouver une perle en ouvrant 100 à 200 Mulettes. Quelques-unes de ces perles ont une grosseur suffisante

---

[1] Étienne Rabaud, *Pathogénie de l'anencéphalie et de la pseudencéphalie* (*méningite fœtale*) (*Nouvelle Iconographie de la Salpêtrière*, 1905).

[2] *Unio margaritifera* Retz, dont on a fait plusieurs genres ou espèces nouveaux : *Margaritifera Michaudi* Locard, *M. pyrenaïca* Bourguignat, etc.

et un assez bel orient pour être utilisées par les joailliers. Comme les perles des Pintadines ou Huîtres perlières marines, elles sont renfermées dans un sac, le « sac perlier ». Celui-ci a ordinairement son siège dans l'épaisseur d'une des lèvres du manteau, à l'extrémité d'un sillon perpendiculaire à l'axe de la charnière et prenant souvent naissance tout près de cette dernière. C'est à ce sillon que l'on reconnaît extérieurement les Mulettes qui renferment ou qui ont renfermé une perle.

La perle qui fait l'objet de cette Note a été recueillie à l'extrémité d'un de ces sillons près de l'ouverture de la coquille. La forme est ovoïde, elle possède un joli orient et une très légère coloration pourpre : son poids est de 40^{cg} et son plus grand diamètre est de 7^{mm}.

En l'examinant à la loupe, on a pu constater vers sa partie moyenne un point très brillant de couleur jaune donnant l'impression d'une paillette d'or. Celle-ci était solidement fixée au fond d'un petit sillon oblique intéressant les premières couches de la perle. Pour s'assurer s'il s'agissait bien d'une paillette d'or, il fallut l'extraire. Cette opération fut pratiquée par M. Ravaud, licencié ès sciences, orfèvre expert et Président du tribunal de commerce de Toulon, qui constata qu'il s'agissait bien d'une paillette d'or.

Pour se fixer dans les couches superficielles de la perle, il avait fallu de toute nécessité qu'elle traversât le sac perlier par un mécanisme que nous ignorons mais qui dut être facilité par la situation de la perle sur une des lèvres du manteau.

Quant à l'origine de la paillette d'or, elle n'a rien de surprenant car on sait que les sables des cours d'eau du Plateau Central ont été exploités, principalement du temps des Romains, pour la récolte de l'or.

PROTISTOLOGIE. — *Évolution morphologique de spirochètes fécaux cultivés en bouillon-sérum de cheval.* Note de MM. G. **Delamare** et **Achitouv**, présentée par M. H. Vincent.

L'ensemencement de matières fécales fétides, riches en spironèmes, dans un milieu spécial constitué par 250^{cm^3} de bouillon ordinaire additionné de 5 pour 100 de sérum inactivé de cheval [1] et mis en communication avec un générateur d'HS^2 avant d'être scellé à la lampe, nous a permis d'obtenir

[1] *In vitro*, les sérums non inactivés de cheval et d'homme paraissent détruire assez vite les spirochètes fécaux qui, dans les mêmes conditions, résistent complètement à l'eau distillée et partiellement à la lessive de potasse.

une culture impure d'éléments spiralés qui, d'après leur morphologie, leur colorabilité, leur absence de cils, leur non-développement en milieux usuels n'étaient certainement pas des formes spirillaires de vibrions ou de vibriothrix. Cette culture a survécu plus de 5 mois, c'est-à-dire un peu plus longtemps que les *S. eurygyrata* cultivés par M. Hogue [1] en tubes paraffinés contenant du sérum de porc dilué dans l'eau salée, et de $P_H = 7$.

La question de savoir si les résultats de cet essai sont ou non accidentels ne pouvant actuellement qu'être réservée, nous nous bornerons à noter ici les renseignements recueillis sur l'évolution morphologique des spironèmes fécaux durant ces 5 mois d'existence en milieu nutritif artificiel. Pendant les 15 premiers jours, nous trouvons un nombre considérable de formes fines et courtes, entièrement comparables à celles des fèces. Ce sont des éléments de 4 à 8^{μ} sur $0^{\mu},3$; souvent en S ou en $\wedge$. Ils ont de 1 à 3 ondulations lâches, des extrémités inconstamment effilées et toujours dépourvues de flagelles. Leur colorabilité est inférieure à celle des microbes ordinaires; leur mobilité est vive mais s'arrête rapidement entre lame et lamelle. Ensuite, les formes en boucles ouvertes ou fermées apparaissent nombreuses. Au troisième mois, alors que les microbes ordinaires sont devenus très rares, on est frappé par la prédominance des formes plus longues, moins grêles, moins mobiles, à ondulations plus nombreuses, souvent très lâches, parfois à peine ébauchées ou franchement irrégulières. La longueur de ces formes vieilles n'excède toutefois pas 15 à 16^{μ}, le nombre de leurs ondulations, 4 à 5, chiffres très inférieurs à ceux qui sont enregistrés sur les éléments cultivés en sérum de porc, qui atteignent 52^{μ} et peuvent posséder une vingtaine de tours de spire (Hogue).

Nous n'avons vu que des divisions transversales; les corps coccoïdes nous ont paru faire complètement défaut. Tandis que les formes jeunes sont comparables à *S. eurygyrata*, les formes en boucle rappellent de très près *S. dysenteriæ* et les formes âgées sont morphologiquement indiscernables de *S. Vincenti*. Il suffit de se rappeler que les types jeunes de *S. Vincenti* ne sont ni moins grêles, ni moins courts, ni plus colorables que les types jeunes de *S. eurygyrata*, qu'ils affectent aussi volontiers les dispositions en S, en boucle, en ?, en peloton, qu'il leur arrive d'avoir des extrémités mousses, pour comprendre que l'on ait ramené ces espèces à une seule (*S. Vincenti*) et qu'on ait pu écrire :

S. dysenteriæ = *S. Vincenti* (Guiart, Abatucci) = *S. eurygyrata* (Brumpt, Castellani).

---

(1) *Journ. of Exper. Med.*, 1922, 1er décembre, vol. 36, p. 617, 626.

Après la suppression de *S. dysenteriæ* dont l'individualisation ne s'impose pas, il reste

S. Vincenti = *S. eurygyrata*,

le second membre étant la réplique intestinale du premier, comme *T. stenogyratum* est la réplique intestinale de *T. microdentium*. Quel que soit le sort réservé à ces identifications morphologiques lorsque la culture des germes en question sera entrée dans le domaine de la pratique courante, la symétrie des couples

S. Vincenti	*T. microdentium*
↓	↓
S. eurygyrata	*T. stenogyratum*

ne laisse pas d'être remarquable et il est, pour le moins, intéressant de noter que chacun des spirochètes buccaux est précisément pourvu d'un double intestinal regardé comme distinct, quoique homéomorphe.

MICROBIOLOGIE. — *Les Streptocoques chromogènes.*

Note de MM. **P. Durand** et **P. Giraud**, présentée par M. Roux.

Nous avons étudié des streptocoques chromogènes dont le pouvoir pigmentaire ne se déclanche que sous l'influence de facteurs déterminés et ne se manifeste qu'en l'absence d'oxygène.

Si l'on ensemence ces microbes en piqûre en gélose molle (gélose nutritive à 2,5 pour 1000 d'agar, additionnée de 1 pour 100 de fécule ou d'amidon), les colonies les plus profondes sont jaune clair au bout de 24 heures à 37°, puis la coloration se fonce et s'étend en hauteur; cependant les colonies les plus superficielles restent blanches.

A la surface de la gélose amylacée, le streptocoque ne produit pas de coloration, sauf si l'on empêche l'accès de l'oxygène (vide, pyrogallol en solution alcaline, huile de vaseline). L'adjonction d'huile, à une culture en surface sur agar à 2,5 pour 1000 amidonné à 0,5 ou 1 pour 100 permet d'obtenir au deuxième ou troisième jour des cultures très pigmentées de teinte ocre tirant sur le rouge.

En bouillon amylacé (fécule ou amidon à 0,5 pour 100), réparti en couche mince et aérée, la culture donne un dépôt microbien blanc; le dépôt est jaune après culture dans le vide ou dans un tube à essai vertical, bouché au coton, où l'accès de l'air n'a lieu que par une surface res-

treinte. Dans ce dernier cas, on peut admettre que les microbes des couches superficielles de la culture absorbent l'oxygène et permettent l'anaérobiose des couches profondes.

Le pigment adhère aux corps microbiens et ne diffuse ni dans le bouillon, ni dans la gélose.

Sur agar à la fécule sous huile, les colonies bien isolées sont la plupart colorées ; quelques-unes restent blanches d'abord, se teintent ensuite au centre, d'où le pigment gagnera toute la colonie. Colonies blanches et jaunes ne diffèrent que par la couleur et ont les mêmes caractères de morphologie, d'agglutination ou de fermentation des hydrates de carbone.

Une colonie jaune, repiquée sur gélose à la fécule sous huile, ne donne à peu près que des colonies jaunes, tant que le milieu contient plus de 1 pour 1 000 de fécule. Au-dessous de cette teneur, le pigment pâlit en même temps qu'augmente le nombre de colonies blanches ; avec une gélose à $\frac{1}{100\,000}$ de fécule, la coloration est encore très nette dans le plus grand nombre des colonies. L'appauvrissement en matière amylacée entraîne donc la diminution du pouvoir chromogène pour la plupart des germes, la disparition pour les autres.

Le retour d'une colonie blanche à l'état coloré est plus difficile. C'est seulement en laissant vieillir le repiquage d'une colonie blanche en gélose molle à la fécule que nous avons pu constater un retour partiel de la fonction pigmentaire.

La température n'a pas grande importance à condition de rester dans les limites où la culture du streptocoque est possible. La lumière diffuse atténue le pouvoir chromogène.

Nous n'avons jamais vu de pigmentation des microbes ensemencés sur gélose ou bouillon ordinaires à partir de cultures sur milieux au sang ou milieux analogues. Exceptionnellement des cultures chromogènes en gélose molle à la fécule, repiquées en bouillon ordinaire, ont donné un culot microbien coloré ; plus souvent, nous avons obtenu des cultures pigmentées en partant de microbes ayant subi plusieurs passages consécutifs en gélose fécule sous huile et repiqués en bouillon ordinaire ou sur gélose ordinaire sous huile.

On peut se demander si la matière amylacée est nécessaire à la production du pigment, ou bien si elle déclanche la fonction chromogène qui persiste ensuite en l'absence de l'hydrate de carbone. Après ensemencements successifs de très faibles quantités de cultures chromogènes dans de grandes masses de bouillon, nous avons vu une coloration intense des

streptocoques dans des tubes dont le dernier contenait bien moins de : 1/3200000000000000000000 pour 100 d'amidon. On peut en conclure que la présence d'amidon ou de fécule déclanche le pouvoir chromogène, qu'un taux supérieur à $\frac{1}{1000}$ favorise encore ce pouvoir, mais qu'une fois déclanché ce dernier peut continuer un certain temps en dehors de toute quantité appréciable d'hydrate de carbone.

La persistance du pouvoir chromogène augmente quand le microbe a été entraîné à pousser, sous huile, sur gélose à la fécule. Elle se maintient d'autant mieux que l'on repique les microbes sur milieux au glycogène, à l'inuline ou à la dextrine, incapables par eux-mêmes de provoquer la production du pigment. Les autres hydrates de carbone, non seulement n'ont aucun pouvoir favorisant, mais, ajoutés à un milieu amylacé, suppriment toute coloration du spectrocoque.

Le nombre de nos streptocopes chromogènes est de 8,8 pour 100 des streptocoques hémolytiques de notre collection (11 sur 125). Ils appartiennent aux origines les plus diverses : agents d'infections puerpérales parfois mortelles, de septicémies, de broncho-pneumonies, d'angine, de péritonites ; saprophytes isolés de crachats tuberculeux ou de lochies d'accouchées sans fièvre. L'un provient d'un rat. La plupart n'ont entre eux aucun rapport d'épidémiologie. Tous présentent les caractères ordinaires des streptocoques hémolytiques, ont une virulence parfois grande pour la souris. (Les passages répétés par cet animal n'ont pas modifié le pouvoir chromogène.)

Ils ferment tous la dextrine, le saccharose, le maltose, le tréhalose, le glucose, le lévulose, le galactose, la salicine et l'arbutine. Aucun n'agit sur le xylose, la dulcite, la mannite, la glycérine et l'amygdaline. Trois font virer les milieux lactosés.

Ils s'identifient donc, toutes réserves faites en ce qui concerne la valeur d'un tel classement, les uns au *Streptoccus pyogènes* de Holmann et d'Andrews et Horder, les autres au *St. equi* d'Holmann, au *St. equinus* d'Andrews et Horder.

L'étude de l'agglutination et de la saturation des agglutinines a décelé parmi eux un groupe spécial et des unités distinctes, mais ils n'ont aucun rapport sérologique avec une trentaine d'échantillons de streptocoques hémolytiques non chromogènes qui nous ont servi à préparer des sérums agglutinants.

MÉDECINE. — *Conditions physico-chimiques de la vitalité microbienne.* Note de M. W. Kopaczewski, présentée par M. d'Arsonval.

L'étude des modifications physico-chimiques, apportées dans les milieux de culture par des différents microbes, n'a pas encore été faite. On a bien étudié les réactions chimiques qui s'y observent et des nombreuses méthodes de diagnostic différentiel, basées sur ces réactions, ont été préconisées. Ces temps derniers, certains auteurs se sont attachés à préciser certaines conditions physico-chimiques optimales, compatibles avec la vie de quelques microbes pathogènes. Mais les changements physiques que provoquent les microorganismes dans leur milieu en s'y développant, considérés en tant que variations de l'état colloïdal, n'ont pas été établis. Pourtant l'étude de ces changements pourra peut-être un jour donner la réponse à la question : « *Comment agissent les microbes?* » et *eo ipso* instituer une thérapeutique causale des maladies infectieuses. C'est cette étude que nous avons abordée.

Un certain nombre de microbes pathogènes, pneumocoques, staphylocoques, streptocoques, gonocoques, bacilles typhiques, dysentériques, colériques, etc. ont été ensemencés sur un bouillon ordinaire de culture, dont un échantillon a été conservé jusqu'à la fin de l'expérience. A des intervalles réguliers, on prélevait aseptiquement une certaine quantité de ce milieu ensemencé et, après avoir filtré ces cultures sur des bougies de Berkefeld, on établissait des modifications physico-chimiques qui y sont survenues :

1° *La tension superficielle*, mesurée par notre méthode tonométrique [1];

2° *La viscosité* fixée au moyen de notre viscodensimètre [1];

3° *La conductivité électrique* déterminée par la méthode classique de Kohlrausch [1];

4° *La concentration en ions* H^+ [1] par la méthode colorimétrique de Sörensen.

Voici les principaux résultats que nous avons obtenus :

---

[1] Voir, pour les détails techniques, W. Kopaczewski, *Théorie et pratique des colloïdes.* Paris, 1923, Vigot, éditeur.

Microorganismes.	Tension superficielle. Phases			Viscosité. Phases			Conductivité électrique en 10^{-4}. Phases			Concentration en ions H^+ [pH]. Phases		
	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.	Init.	Optim.	Term.
ouillon de cult. filtré.	**52,82**	»	**54,50**	**1,07**	»	**1,12**	**132,6**	»	**130,4**	6,5	»	6,6
eumocoque........	52,82	54,48	56,67	1,10	1,11	1,28	125,6	129,3	118,0	6,6	6,6	6,1
reptocoque.........	53,06	54,48	55,12	1,05	1,12	1,16	131,1	135,8	126,9	6,3	6,3	6,1
aphylocoque doré...	53,06	53,98	55,90	1,10	1,14	1,19	126,9	136,6	122,9	6,4	6,4	7,0
nocoque..........	55,90	53,98	53,15	1,19	1,16	1,14	124,7	131,1	124,2	6,3	6,3	5,9
Coli.............	53,06	53,08	53,28	1,14	1,13	1,13	135,8	131,1	141,5	6,7	7,1	7,2
ibrion cholérique...	53,90	53,41	57,23	1,14	1,13	1,13	120,4	129,8	141,5	6,1	6,7	7,9
anthracis.........	53,39	53,44	55,14	1,10	1,15	1,19	125,5	135,8	132,6	6,3	6,2	6,3
pyocyanique.......	55,10	57,33	61,54	1,11	1,16	1,19	131,1	184,5	167,4	6,9	7,9	6,5
typhique..........	53,94	55,13	52,96	1,11	1,12	1,25	131,1	127,5	132,6	6,3	7,9	7,4
diphtérique......	54,53	53,08	54,98	1,14	1,13	1,13	122,9	131,1	136,6	6,7	6,1	7,0
Proteus vulgaris..	51,02	52,37	52,91	1,11	1,26	1,14	196,7	170,5	154,5	6,5	6,4	7,1
dysentérique......	51,93	53,4	52,80	1,71	1,59	1,48	133,3	121,1	142,1	6,3	6,6	7,2

Il est plausible d'admettre que les mêmes modifications se produisent dans l'organisme vivant; les résultats obtenus comportent donc des conclusions intéressantes :

1° *Spécificité physique des microbes.* — Chaque microbe ou tout au moins chaque groupe microbien provoque dans son milieu de culture des modifications qui lui sont propres.

2° *Vieillissement des cultures microbiennes.* — Tous les microorganismes étudiés produisent dans leur milieu de culture des modifications physiques telles, qu'elles rendent leur développement consécutif impossible : modifications notables de la tension superficielle et variation de la concentration en ions H^+. Ces modifications doivent nécessairement amener, soit l'agglutination de microorganismes (augmentation de la tension superficielle) et puis, par les changements de la perméabilité membraneuse (variations de la concentration en ions H^+), une lyse consécutive, soit une lyse d'emblée (baisse de la tension superficielle).

3° *Antagonisme microbien.* — L'étude des modifications physico-chimiques de la vitalité microbienne permet d'expliquer des cas nombreux d'antagonisme qui ont été signalés dans les multiples observations cliniques. Citons l'antagonisme entre le bacille pyocyanique, le staphylocoque et le streptocoque, entre le bacille typhique ou *proteus vulgaris* et *anthracis*, entre le bacille *proteus vulgaris* et bacille lactique, et bien d'autres.

4° *Mode d'action des microbes.* — Les modifications physico-chimiques, apportées dans le milieu de culture des microbes, considérées en tant que variations, soit du degré de dispersion des colloïdes des humeurs organiques, soit du degré de la perméabilité des membranes cellulaires, peuvent expliquer le mécanisme des processus pathologiques infectieux. L'augmentation de la tension superficielle (pneumocoque, vib. cholérique, b. diphtérique, etc.) en provoquant une agglutination de microbes doit nécessairement avoir comme une autre conséquence une diminution du degré de dispersion des colloïdes (floculation). Toute modification de la concentration en ions H^+ (b. dysentérique, diphtérique, typhique, vib. cholérique, etc.) se répercutera sur le degré du gonflement des gels colloïdaux et nécessairement sur le degré de leur perméabilité.

L'importance de ces recherches que nous poursuivons activement ne peut plus échapper à personne.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le pouvoir floculant et sur les propriétés immunisantes d'une toxine diphtérique rendue anatoxique (anatoxine).* Note [1] de M. G. Ramon, présentée par M. Roux.

Nous avons fait connaître [2] qu'une toxine diphtérique qui, sous certaines influences, a perdu complètement son pouvoir toxique vis-à-vis des animaux, peut conserver son pouvoir floculant vis-à-vis de l'antitoxine.

Il y avait lieu de se demander si cette toxine nullement nocive mais encore floculante que nous nous proposons d'appeler « anatoxine diphtérique » peut encore se montrer antigène *in vivo*; autrement dit, si injectée à un organisme vivant elle est encore capable et dans quelle mesure de l'immuniser et de provoquer en lui la forme d'antitoxine.

Injectons donc sous la peau d'un certain nombre de cobayes, 1^{cm^3} d'une telle toxine qui tuait au moment de sa filtration un cobaye de 300^g à la dose de $\frac{1}{800}$ de centimètre cube, et qui, après avoir subi, par exemple, l'action combinée de la chaleur et du formol, ne provoque plus chez l'animal d'expérience ni lésions locales, ni symptômes généraux précoces ou tardifs d'intoxication diphtérique même à la dose de plusieurs centimètres cubes, mais flocule toujours en présence de la même quantité d'antitoxine [3].

---

(1) Séance du 3 décembre 1923.

(2) *C. R. Soc. Biologie*, séance du 2 juin 1923.

(3) Avec seulement un peu de retard dans l'apparition de la floculation.

Quinze à dix-huit jours après cette injection unique les cobayes résistent déjà à plusieurs doses mortelles; au bout d'un mois ils supportent de 50 à 100 doses mortelles et plus. Si à ce moment au lieu d'éprouver ainsi ces animaux nous leur injectons à nouveau 1^{cm^3} d'anatoxine, ils résistent, dix jours après cette seconde injection, à un millier et même à plusieurs milliers de doses mortelles pour des cobayes témoins. Ces chiffres paraissent encore plus démonstratifs du degré de l'immunité atteint, lorsque l'on sait que l'immunisation antidiphtérique du cobaye est presque impossible avec le poison diphtérique simplement dilué, difficile avec l'ancienne méthode des mélanges toxine-liqueur de Gram, très lente et assez inconstante avec les mélanges toxine-antitoxine.

Pour juger de la production d'antitoxine et pour en suivre plus commodément le développement adressons-nous au cheval qui se prête facilement à des prélèvements de sang fréquents et abondants et qui se montre en général bon producteur d'antitoxine diphtérique. Injectons donc à un cheval neuf, à 7 jours d'intervalle, 1^{cm^3} puis 3^{cm^3} d'anatoxine diphtérique. Cinq jours après la deuxième injection son sérum titre déjà 6 unités d'Ehrlich au centimètre cube, c'est-à-dire que 4^{cm^3} d'anatoxine diphtérique ont provoqué en 12 jours, dans l'organisme du cheval une telle formation d'antitoxine que 1^{cm^3} du sérum de cet animal est capable de neutraliser 600 doses mortelles pour le cobaye. En injectant périodiquement au cheval des quantités d'anatoxine de plus en plus grandes on constate une augmentation progressive et continue de la production d'antitoxine.

De très nombreux essais comparatifs de floculation *in vitro* et d'immunisation *in vivo* (sur le cobaye en particulier) nous ont montré qu'une anatoxine se montre d'autant plus immunisante qu'elle flocule en présence d'une plus grande quantité d'antitoxine et plus rapidement : l'activité floculante peut servir à mesurer le pouvoir immunisant. Ajoutons qu'une toxine qui a perdu et son pouvoir toxique et son pouvoir floculant ne possède plus aucun pouvoir antigène *in vivo* ([1]).

Ainsi une toxine dont la nocivité est complètement abolie, mais dont l'aptitude à floculer en présence d'antitoxine n'a pas sensiblement varié,

---

([1]) C'est le cas d'une toxine chauffée au-dessus de 50° par exemple; c'est aussi le cas d'une toxine mélangée à une proportion de liquide de Gram un peu trop forte, etc. Ceci explique l'insuccès des tentatives effectuées et l'inconstance des résultats obtenus par de nombreux auteurs.

peut engendrer une immunité et une production d'antitoxine dont les résultats qui précèdent permettent d'apprécier toute la valeur.

Cette anatoxine trouve naturellement son emploi dans l'immunisation et l'hyperimmunisation des animaux; de plus, grâce à son inocuité et au degré très élevé d'immunité qu'elle confère elle paraît également indiquée pour la vaccination antidiphtérique de l'enfant [1].

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *Réaction de la Cornée vis-à-vis de l'infection expérimentale du névraxe par les virus de l'herpès et de la vaccine.* Note de MM. **Georges Blanc** et **J. Caminopetros**, présentée par M. Roux.

Les travaux de Loewenstein et d'autres expérimentateurs qui ont étudié le même sujet ont établi que, chez le lapin, l'infection herpétique d'une cornée n'entraîne pas, après sa guérison, l'immunité de l'autre cornée. Or, nous avons précédemment démontré que l'infection herpétique d'une cornée entraîne l'immunité du névraxe.

Des constatations analogues ont été faites avec le virus de la vaccine. Plusieurs expérimentateurs, dont Sato, ont reconnu l'indépendance des deux cornées, l'une vis-à-vis de l'autre [2]. Levaditi a prouvé que, chez le lapin, l'infection vaccinale de la cornée, propagée au cerveau (*neuro vaccine*), confère l'immunité au névraxe. Nous-mêmes avons montré que cette immunité de névraxe pouvait être obtenue avec du vaccin d'origine cutanée (*dermo-vaccin*) et que, de plus, quel que soit le virus vaccinal employé, il était facile de mettre ce virus en évidence dans le cerveau des lapins inoculés sur la cornée.

Tous ces faits tendent à établir que l'infection cornéenne se transmet au cerveau et que, s'il y a survie, il en résulte l'état réfractaire du névraxe.

---

(1) L'injection dans le tissu cellulaire sous-cutané de $0^{cm^3},25$ d'anatoxine diphtérique, pratiquée sur moi-même, a déterminé une rougeur locale passagère sans aucune autre réaction soit locale, soit générale. Des expériences encore en cours nous permettent d'affirmer dès maintenant que ce que nous venons de dire de la toxine diphtérique est applicable avec quelques modifications de détails, à d'autres toxines : la toxine tétanique en particulier.

(2) Doerr pour l'herpès, et Sato pour la vaccine, tout en reconnaissant que l'œil non inoculé reste sensible, ont vu que cette sensibilité est moindre que celle de la cornée d'un animal neuf. Nous proposerons ailleurs une explication de ces faits.

Mais ils n'expliquent pas comment il se fait que la cornée non directement infectée reste sensible. Il y a là un curieux phénomène dont les expériences dont nous relatons aujourd'hui les résultats établissent la réalité.

Nous nous sommes d'abord demandé si, au cours de l'infection directe du névraxe, il était possible de déceler le virus sur la cornée. A cet effet nous avons inoculé des lapins sous la dure-mère, les uns avec une émulsion de cerveaux de lapins ayant succombé à l'encéphalite herpétique (virus d'herpès génital et virus d'herpès labial), les autres avec une émulsion de cerveaux de lapins morts d'encéphalite vaccinale. Deux jours après, alors que nos animaux présentaient une forte élévation de température, nous avons scarifié les deux cornées. Le lendemain, il y avait une forte kérato-conjonctivite purulente. Nous utilisions ce pus pour inoculer des lapins neufs sur l'un ou sur les deux yeux. Ces animaux ont fait de la kerato-conjonctivite avec encéphalite consécutive, généralement mortelle.

Il est donc évident que l'infection primitive du névraxe se propage aux deux cornées, aussi bien avec le virus vaccinal qu'avec le virus herpétique.

Nous avons cherché ensuite si l'infection du névraxe confère l'immunité aux cornées. Nous avons utilisé à cet effet des lapins qui avaient résisté à l'infection sous-dure-mérienne de virus herpétique ou vaccinal (*neuro* et *dermo-vaccin*). Ces animaux, inoculés sur les deux cornées, ont fait une réaction locale typique dont le produit de grattage transmettait l'infection caractéristique à d'autres lapins inoculés sur la cornée.

De nos expériences nous devons donc tirer les deux conclusions suivantes, qui sont également vraies pour les virus de l'*herpès* et de la *vaccine :*

1° L'infection du névraxe ne détermine pas de lésions oculaires, et pourtant le virus existe et peut être décelé sur les deux cornées et les conjonctives;

2° Au cours de l'infection du névraxe, bien que le virus soit présent dans les cornées et dans les conjonctives, aucune immunité locale n'est conférée à ces tissus.

MÉDECINE. — *De l'action du radium sur le sarcome infectieux du poulet.* Note de M. A. **Peyron**, présentée par M. Quénu.

Les divers auteurs (Rous en Amérique, Bentimalli en Italie) qui ont tenté jusqu'ici d'enrayer à l'aide du radium le développement de la tumeur infectieuse du coq, ont échoué. Ils utilisaient pour ces essais la tumeur,

déterminée par greffe à l'intérieur du muscle pectoral, qui est ordinairement volumineuse, à marche rapide, entraîne des désordres anatomiques considérables, et correspond, ainsi que je l'ai montré antérieurement, à une réaction souvent complexe du tissu conjonctif et des fibres musculaires. J'ai préféré expérimenter sur des greffes développées dans la bajoue et provenant de tumeurs pectorales. Cette méthode, que mes prédécesseurs n'avaient pas songé à utiliser, permet de suivre facilement les variations de volume de la tumeur, de l'extirper sans difficulté et surtout de la transpercer à l'aide d'aiguilles chargées d'émanations de radium. J'ai pu à l'aide de ces aiguilles étudier depuis deux ans les modifications de la tumeur sous l'influence du radium.

Ordinairement la greffe de la tumeur intra-pectorale dans les bajoues se traduit entre le huitième et le quinzième jour, par l'apparition d'un nodule atteignant les dimensions d'une petite noisette vers la troisième ou quatrième semaine, sans ulcérer les téguments qu'il déplisse. Lorsqu'il présente le volume approximatif de 1^{cm^3}, on y introduit une aiguille d'une longueur moyenne de 2^{cm} et dont l'épaisseur varie de $0^{mm},3$ à $0^{mm},4$.

Jusqu'ici, 27 animaux ont ainsi reçu une dose allant de 1,30 millicurie à 3,20 millicuries et répartis sur une durée de 4 à 9 jours suivant les séries. L'enlèvement de l'aiguille ne donne lieu d'ailleurs à aucune difficulté. Dans la semaine qui le suit, et parfois dès le deuxième jour, la tumeur présente une diminution de volume correspondant à la résorption des éléments cellulaires atteints de nécrose. Dans certains cas, cet affaissement n'est que temporaire, dans d'autres il fait défaut, souvent même on observe une poussée assez brusque d'accroissement (six cas) pouvant coïncider avec une généralisation viscérale. Toutefois sur la moitié des animaux jusqu'ici traités, l'affaissement de la tumeur (allant parfois jusqu'à sa disparition) s'est poursuivi jusqu'à 2 à 6 semaines au bout desquelles l'évolution a été variable. Dans la moitié des cas de ce groupe, la mort est survenue après un amaigrissement plus ou moins rapide et prolongé qui m'a paru déterminé par la résorption toxique d'un matériel cellulaire nécrosé (cinq cas nets avec absence de métastases vérifiée à l'autopsie). Dans la seconde moitié de ce même groupe, la survie a pu atteindre ou dépasser le quatrième mois. Ce sont les cas les plus intéressants correspondant aux séries les plus récentes pour lesquelles la technique fut modifiée.

J'utilisai jusqu'alors des doses n'atteignant pas en moyenne 1,5 millicurie et réparties sur 4 jours. J'ai passé ensuite à 2 millicuries et 2,5 millicuries répartis sur 5 à 9 jours et en employant des aiguilles de $0^{mm},3$ au lieu de

$0^{mm},4$. Cette dernière modification est d'importance plutôt secondaire. J'ai ainsi augmenté légèrement la dose initiale et surtout diminué considérablement l'intensité de rayonnement. C'est à cette dernière modification que je rapporte l'amélioration des résultats obtenus. Sur 6 cas de survie dépassant 4 mois, 5 proviennent de dix animaux, ayant eu ainsi une application prolongée. Sur ces six animaux, deux survivent après 13 et 12 mois. Le dernier présentant depuis 7 semaines une petite récidive à marche très lente du volume actuel d'un petit pois, — deux moururent au bout de 8 mois et 7 mois et demi, après l'amaigrissement progressif de cause toxique précédemment signalé, — deux succombèrent aux suites d'une récidive locale tardive (dans ces chiffres ne sont pas pas compris les 4 semaines s'écoulant entre la greffe et l'application des aiguilles). Pour comparer (d'une façon approximative) la durée de ces survies à l'évolution des sarcomes de l'homme, il conviendrait de multiplier les chiffres par un coefficient variant de 6 à 10, car l'évolution normale du sarcome du coq ne s'étend pas au delà de 6 à 8 semaines.

Ces premiers résultats présentent un intérêt spécial en regard des notions jusqu'ici admises sur l'inefficacité du radium vis-à-vis de l'élément infectieux éventuel des sarcomes. Les travaux des auteurs américains et mes propres recherches de vérification ont montré qu'un filtrat de sarcome infectieux du coq renfermant le virus et dans lequel on maintient pendant plusieurs jours une aiguille chargée d'émanation, garde toute sa virulence.

L'action du radium ne devrait donc théoriquement s'exercer que sur l'élément cellulaire et être par suite insuffisante à entraver l'évolution de la tumeur qui reste déterminée par le virus. La survie prolongée d'un quart des animaux traités montre déjà que sur la tumeur laissée en place, les résultats sont plus favorables sans doute parce que les actions d'ordre cellulaire ou humoral diffèrent de celles de l'expérimentation *in vitro*.

La séance est levée à 16^h20^m.

É. P.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus dans les séances de novembre 1923.

Cours d'astronomie; seconde Partie : *Astronomie pratique*, par H. Andoyer et A. Lambert. Paris, J. Hermann, 1924; 1 vol. 25^{cm}.

Chimie toxicologique, par J. Ogier et E. Kohn-Abrest. Paris, Gaston Doin, 1924; 2 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. A. d'Arsonval.)

The vegetation and soils of Africa, par H. L. Shantz et C. F. Marbut. New-York, National research council and American geographical Society, 1923; 1 vol. et 1 cartonnier 21^{cm}. (Présentés par M. de Margerie.)

La guerre chimique et les usines de matières colorantes, par Henri Le Wita. Paris, *Revue des Produits chimiques*, 1923; 1 fasc. 23^{cm},5.

Résultats des campagnes scientifiques accomplies sur son yacht, par Albert Ier, Prince souverain de Monaco; fascicule LXV : *Études d'anatomie comparée sur les poissons provenant des campagnes scientifiques de S. A. S. le Prince de Monaco* (2e Partie), par Joseph Nusbaum-Hilarowicz. Imprimerie de Monaco, 1923; 1 vol. 43^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Recherches anatomiques sur l'appareil génito-urinaire mâle du Mesoplodon et des Cétacés en général, par R. Anthony. Madrid, 1922; 1 vol. 43^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Faune de France : cinq polychètes errantes, par Pierre Fauvel. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 25^{cm}. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

Les oiseaux : oiseaux chanteurs, par Delamarre de Monchaux. Paris, Paul Lechevalier, 1923; 1 vol. 16^{cm}. (Présenté par M. Marchal.)

Les systèmes nuageux, par Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé. Paris, Étienne Chiron, 1923; 1 vol. et 2 cartonniers 46^{cm}. (Présentés par M. R. Bourgeois.)

(*A suivre.*)